



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**Departamento de Ingeniería Civil, de Materiales y
Fabricación**

Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación

TRABAJO FIN DE GRADO

**VIRTUALIZACIÓN DE EQUIPO Y PROCESO PARA
APLICACIÓN DOCENTE. SOLDADURA OXIACETILÉNICA.**

Grado en

INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: **JUAN JOSÉ RAMÍREZ MÁRQUEZ**

Tutor: **MARÍA JOSÉ CANO IGLESIAS**

MÁLAGA, Junio de 2.023



TÍTULO: VIRTUALIZACIÓN DE EQUIPO Y PROCESO PARA APLICACIÓN DOCENTE. SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

RESUMEN: En este Trabajo de Fin de Grado (TFG), se aborda los diferentes procesos de soldadura, con un enfoque principal en la Soldadura Oxiacetilénica. Se han realizado tres virtualizaciones en los que se destacan los aspectos principales de este tipo de soldadura, con el propósito de generar material audiovisual con el que apoyar la enseñanza de la Soldadura, en el Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación del Departamento de Ingeniería Civil, de Materiales y Fabricación de la Universidad de Málaga. Estas virtualizaciones permitirán a los futuros alumnos tener una representación visual de este tipo de soldadura.

Este proyecto implica una serie de virtualizaciones en las que se analiza el proceso de soldadura oxiacetilénica, desde la definición y fundamento del proceso hasta el equipo empleado en dicha actividad, centrándose en las diversas llamas que pueden surgir, así como el proceso de soldeo. Los estudiantes tendrán la oportunidad de observar los diferentes pasos necesarios para llevar a cabo la soldadura, así como familiarizarse con los distintos equipos y técnicas utilizadas en este proceso.

PALABRAS CLAVE: Soldadura, Virtualización, Proceso, Software, Oxiacetilénica.



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | 4 |
| 1.1. OBJETO | 4 |
| 1.2. MOTIVACIÓN | 4 |
| CAPÍTULO 2: NORMATIVA EMPLEADA..... | 5 |
| CAPÍTULO 3. MEMORIA..... | 6 |
| 1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA | 6 |
| 1.1. TIPOS DE UNIONES..... | 6 |
| 1.1.1. UNIÓN MECÁNICA..... | 6 |
| 1.1.2. UNIÓN ADHESIVAS | 9 |
| 1.1.3. UNIÓN SOLDADA..... | 11 |
| 1.2. DEFINICIÓN DE SOLDADURA | 13 |
| 1.3. RESEÑA HISTÓRICA | 13 |
| 1.4. CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE SOLDADURA..... | 16 |
| 1.4.1. SOLDADURA HETEROGÉNEA FUERTE..... | 17 |
| 1.4.2. SOLDADURA HETEROGÉNEA BLANDA | 21 |
| 1.4.3. SOLDADURA HOMOGÉNEA SIN FUSIÓN..... | 22 |
| 1.4.4. SOLDADURA HOMOGÉNEA POR FUSIÓN | 26 |
| 1.5. SOLDADURA OXIGÁS | 45 |
| 1.5.1. ORÍGENES DE LA SOLDADURA OXIGÁS..... | 46 |
| 1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLDADURA OXIGÁS..... | 46 |
| 1.5.3. VENTAJAS Y RIESGOS | 47 |
| 1.5.4. GASES EMPLEADOS | 48 |
| 1.5.5. EQUIPO DE SOLDEO | 48 |
| 1.5.6. VARILLAS DE APORTACIÓN Y FUNDENTES..... | 49 |
| 1.5.7. CARACTERÍSTICAS DE LA LLAMA | 50 |
| 1.5.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD | 51 |
| 1.5.9. APLICACIONES..... | 53 |
| 1.5.10. DEFECTOS TÍPICOS | 53 |
| 2. DESARROLLO DEL PROYECTO | 55 |



| | |
|---|----|
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 55 |
| 2.2. SOFTWARES DISPONIBLES..... | 55 |
| 2.2.1. SOFTWARES PARA LA CREACIÓN DE OBJETOS | 55 |
| 2.2.2. SOFTWARES PARA LA ANIMACIÓN 3D..... | 57 |
| 2.2.3. SOFTWARES PARA LA CREACIÓN DE IMÁGENES..... | 58 |
| 2.2.4. SOFTWARES PARA LA GRABACIÓN DE PANTALLA..... | 60 |
| 2.2.5. SOFTWARES PARA LA EDICIÓN DE VÍDEO..... | 61 |
| 2.2.6. SOFTWARES PARA LA MEJORA DE AUDIO..... | 62 |
| 2.3. JUSTIFICACIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO..... | 63 |
| 2.4. PROCEDIMIENTO | 65 |
| 2.4.1. CREACIÓN DE OBJETOS CON SOLIDWORKS | 67 |
| 2.4.2. ANIMACIÓN CON SOLIDWORKS..... | 78 |
| 2.4.3. CREACIÓN DE IMÁGENES CON SKETCHBOOK..... | 82 |
| 2.4.4. GRABACIÓN DE VÍDEO Y AUDIO CON OBS | 86 |
| 2.4.5. EDICIÓN DE VÍDEO CON ONLINE VIDEO CUTTER | 87 |
| 2.4.6. MEJORA DE AUDIO CON ADOBE PODCAST | 88 |
| 2.5. RESULTADOS..... | 89 |
| CAPÍTULO 4. PRESUPUESTOS | 91 |
| CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS | 94 |
| CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 95 |
| 6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 95 |
| 6.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA..... | 96 |
| 6.3. LISTADO DE ILUSTRACIONES REFERENCIADAS | 97 |



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. OBJETO

El objetivo principal de este TFG (Trabajo Fin de Grado) es realizar una virtualización de la soldadura oxiacetilénica, que se utiliza principalmente en la aplicación de la enseñanza de disciplinas afines en nuestra Escuela de Ingenierías Industriales. Para ello, se ha dividido esta virtualización en varios vídeos en los cuales se observará un visionado general del equipo, las distintas partes que lo forman, descripción del fundamento teórico del proceso y técnicas de soldadura para llevado a cabo.

Este trabajo tendrá un valor significativo para los estudiantes en años posteriores, ya que les permitirá ampliar sus conocimientos en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. Este trabajo servirá como referencia para que los futuros estudiantes puedan profundizar en el tema y complementar su aprendizaje.

1.2. MOTIVACIÓN

Este proyecto tiene dos motivaciones principales. En primer lugar, el tema de la virtualización de la soldadura oxiacetilénica es de gran interés y representa una oportunidad para ampliar mi conocimiento en el área de la ingeniería de los procesos de fabricación.

Por otro lado, la realización de este proyecto también tiene una gran motivación laboral, ya que el campo de la soldadura oxiacetilénica tiene una amplia aplicación en el mercado laboral actual. Esto me permitirá desarrollar habilidades y conocimientos que me facilitarán la inserción laboral en este campo.

CAPÍTULO 2: NORMATIVA EMPLEADA

La normativa empleada es la siguiente:

- UNE-EN ISO 4063:2011. “Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y números de referencia”. (ISO 4063:2009, versión corregida 2010-03-01).
- UNE-EN 14610:2006. “Soldeo y procesos afines. Definiciones de los procesos de soldeo para metales.
- UNE-CEN/TR 14599 IN: 2006. “Términos y definiciones para soldeo en relación con la Norma EN 1792”.
- UNE-EN ISO 6947:2011 “Soldaduras. Posiciones de trabajo. Definición de los ángulos de pendiente y de rotación”.
- UNE-EN ISO 1089-3:2011. “Botellas para transporte de gas. Identificación de las botellas de gas (excepto de GLP). Parte 3: Código de colores”.
- UNE-EN ISO 6520-1:2009. “Soldeo y técnicas afines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en los materiales metálicos. Parte 1: Soldeo por fusión”.
- NTP 198: “Gases comprimidos: identificación de botellas”.
- NTP 495: “Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad”.

CAPÍTULO 3. MEMORIA

1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

1.1. TIPOS DE UNIONES

En la actualidad, cuando se fabrican máquinas u objetos compuestos por varias piezas, es posible utilizar uniones permanentes o desmontables para unir dichas piezas.

Desde tiempos prehistóricos, el ser humano ha necesitado unir piezas para crear objetos que satisfagan sus necesidades. En la antigüedad, las armas para la caza se fabricaban uniendo palos y piedras mediante cuerdas. Con el tiempo, las técnicas de unión han evolucionado para proporcionar mayor seguridad y durabilidad.

Actualmente, existen tres tipos principales de operaciones de unión: mecánicas, adhesivas y soldadas. Cada uno de estos métodos tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la elección del método de unión adecuado dependerá de las características del material, el uso previsto y otros factores relevantes.

1.1.1. UNIÓN MECÁNICA

Una unión mecánica es un método utilizado para unir dos o más componentes mecánicos de manera que formen una estructura más grande y funcional. Estas uniones son esenciales en la construcción de máquinas y estructuras, ya que permiten la transmisión de fuerzas y movimientos a través de los componentes unidos.

1.1.1.1. UNIÓN ROSCADA

La unión roscada es un tipo de unión mecánica que se utiliza para unir dos o más piezas de manera firme y segura. Consiste en un conjunto de hilos en forma de espiral que se encuentran tallados en el interior de un orificio o en la superficie de una pieza, y que se acoplan con los hilos tallados en la superficie de una varilla o tornillo.



Ilustración 1. Unión roscada.

Las uniones roscadas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como en la construcción de maquinaria, en la industria automotriz, en la fabricación de herramientas y en la construcción en general. Las roscas se pueden clasificar en distintos tipos, como por ejemplo rosca métrica, rosca Whitworth, rosca UNF, entre otras, cada una con sus características y dimensiones particulares.

1.1.1.2. UNIÓN CON REMACHES

A la unión con remaches también se le conoce como roblones.

Los remaches son elementos cilíndricos que se introducen a través de los agujeros previamente perforados en las piezas a unir, y que se fijan mediante deformación plástica de su extremo opuesto.

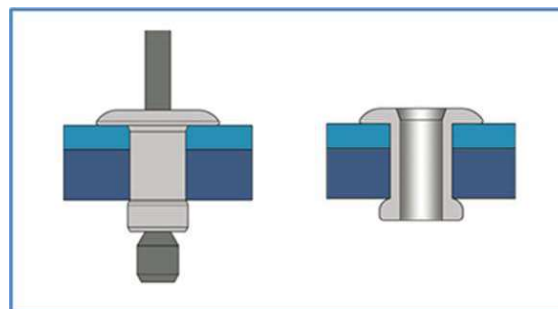


Ilustración 2. Unión remachada.

Las uniones remachadas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, especialmente en la construcción de estructuras metálicas, en la fabricación de carrocerías de automóviles y aviones, en la construcción de barcos y en la industria de la construcción en general. Son muy resistentes y duraderas, ya que no se aflojan con el tiempo ni con la vibración, y no requieren mantenimiento. Además, su instalación es relativamente sencilla y económica.

1.1.1.3. UNIÓN CON CHAVETAS

La unión con chavetas se utiliza para unir dos piezas, generalmente ejes y elementos de transmisión, de manera segura y estable.

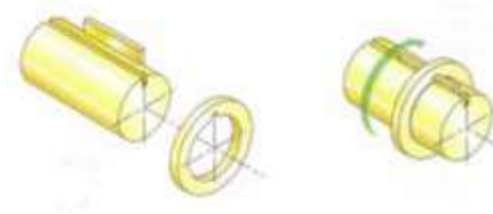


Ilustración 3. Unión con chavetas.

Las uniones con chavetas se utilizan comúnmente en aplicaciones de transmisión de potencia, como en la industria automotriz, en la fabricación de maquinaria y en la construcción en general. Son muy resistentes y duraderas, y se pueden fabricar en diferentes tamaños y formas para adaptarse a las necesidades específicas de cada aplicación.

1.1.1.4. UNIÓN CON PASADORES

La unión con pasadores es un tipo de unión mecánica que se utiliza para unir dos o más piezas mediante el uso de pasadores o clavijas. Los pasadores son elementos cilíndricos o de sección transversal cuadrada que se insertan a través de agujeros previamente perforados en las piezas a unir, y que se fijan en su lugar mediante presión o enganche.

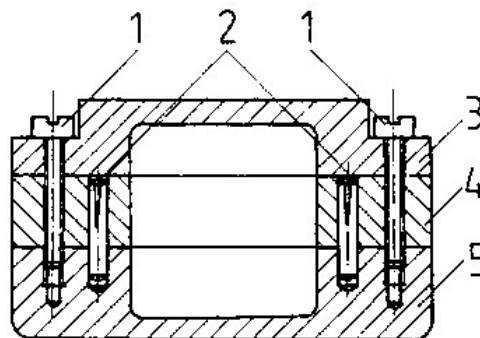


Ilustración 4. Unión con pasadores.

Las uniones con pasadores se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como en la fabricación de maquinaria, en la construcción de estructuras metálicas, en la industria automotriz y en la construcción en general. Son muy resistentes y duraderas, y

se pueden fabricar en diferentes tamaños y materiales, como acero, aluminio o plástico, según las necesidades específicas de cada aplicación. Además, su instalación es relativamente sencilla y no requiere herramientas especiales.

1.1.2. UNIÓN ADHESIVAS

Las uniones por medio de adhesivos son de las más antiguas. De hecho, se tiene registro de las primeras uniones con adhesivos en el 3000 a.C. cuando los egipcios mezclaban arcilla. Actualmente, existen tres tipos de adhesivos: naturales, inorgánicos y sintéticos, siendo estos últimos los más comunes en la actualidad.

•NATURALES

Los adhesivos de origen natural, provenientes tanto de plantas como de animales, son considerados los menos eficaces y se utilizan principalmente para unir materiales mediante colas.



Ilustración 5. Adhesivo natural.

•INORGÁNICAS

Tienen una resistencia mayor a los adhesivos naturales, y se caracterizan por ser económicos. Su composición suele ser principalmente silicio de sodio y oxiclорuro de magnesio.



Ilustración 6. Adhesivo inorgánico.

•SINTÉTICAS

Son los más utilizados en la actualidad. Una de sus principales características es que son los que mejor se comportan frente a tensiones, estos incluyen termoplásticos, polímeros y duro plásticos.



Ilustración 7. Adhesivo sintético.

Las principales ventajas e inconvenientes de los adhesivos son las observadas en la siguiente tabla:

| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|--|---|
| Distribución uniforme de la carga. | Tiempo de curado largo. |
| No requiere perforación. | Tensión de corte limitada. |
| Superficie de unión grande. | Sensibles a la humedad y a las condiciones ambientales. |
| Ligeros, reduce el peso total de la estructura y puede mejorar el rendimiento. | Vida útil limitada. |
| Mayor capacidad de absorción de impactos. | |

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los adhesivos.

1.1.3. UNIÓN SOLDADA

Las soldaduras son fundamentales para unir elementos, ya sea de la misma naturaleza o de naturalezas diferentes. Este método de unión facilita y abarata la producción de productos, ya que en ocasiones resulta imposible fabricar una sola pieza debido a su complejidad.

Las distintas uniones soldadas son:

- UNIÓN A TOPE O EMPALMADA

La soldadura más utilizada, implica unir chapas que se encuentran en el mismo plano. Si la chapa tiene un espesor superior a 6 mm o se desea soldar en ambos lados, es necesario preparar los bordes. El objetivo de esta técnica es lograr una penetración completa y crear una transición lo más homogénea posible entre los elementos soldados.

[1]

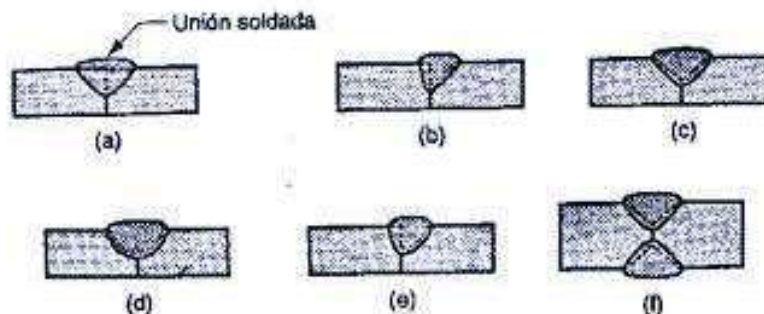


Ilustración 8. Unión a tope.

- UNIÓN DE ESQUINA O ÁNGULO EXTERIOR Y EN T

El proceso implica la unión de dos láminas que se encuentran en diferentes planos, ya sea de forma ortogonal o superpuesta, con el objetivo de cubrir los bordes de las placas que se han creado a partir de uniones de esquina, solapadas y en forma de T, tal como se muestra en la ilustración siguiente: [1]

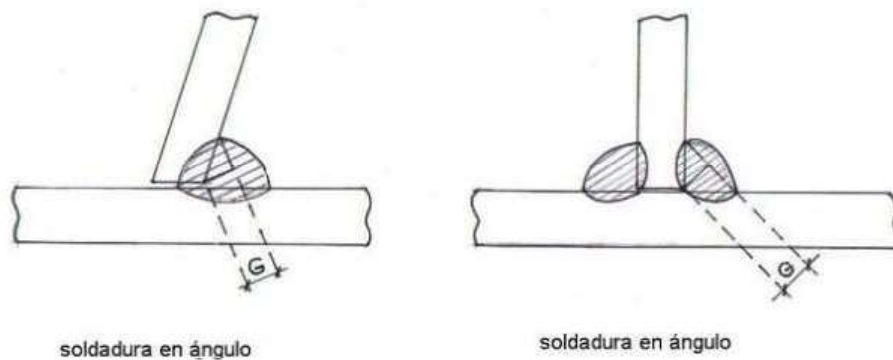


Ilustración 9. Unión de esquina.

- UNIÓN DE BORDE

Se realiza una soldadura en flanco en los límites de dos o más piezas, generalmente láminas metálicas o placas delgadas, donde las partes en una unión de bordes están alineadas en paralelo, teniendo al menos uno de sus bordes en común, y la soldadura se ejecuta en dicho borde compartido. [1]

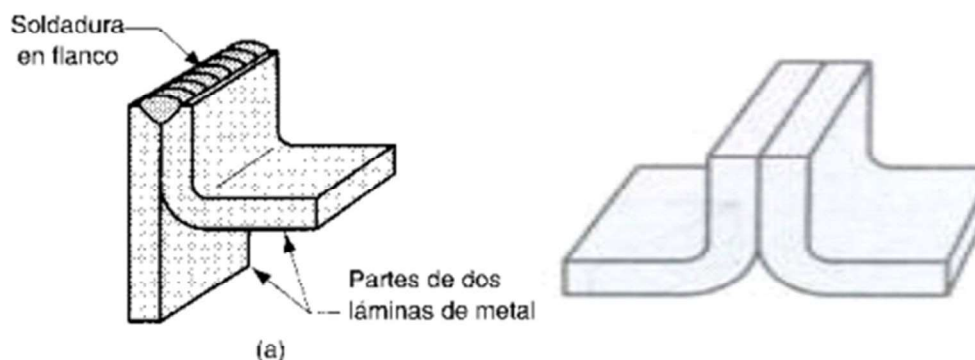


Ilustración 10. Unión de borde.

- UNIÓN DE RECARGUE O DE SUPERFICIE

La soldadura en superficie se utiliza para depositar metal de relleno sobre la superficie de una pieza base, sin necesidad de unir dos partes. Este proceso implica el uso de una o varias gotas de soldadura, que se incorporan mediante una serie de pasadas paralelas y superpuestas, lo que permite cubrir grandes áreas de la pieza base. [1]

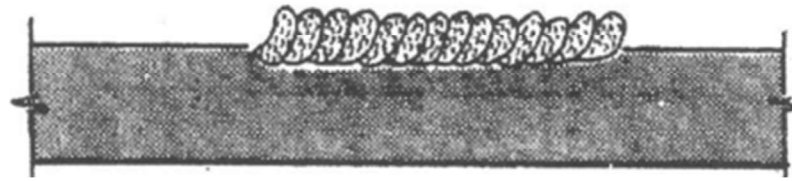


Ilustración 11. Unión de superficie.

- UNIÓN DE RANURA

La unión ranurada es un método empleado en la unión de placas planas, como se ilustra en la siguiente imagen. Para ello, se practican uno o más orificios o ranuras en la parte superior de las placas, los cuales son posteriormente rellenados con metal para fundir ambas partes. [1]

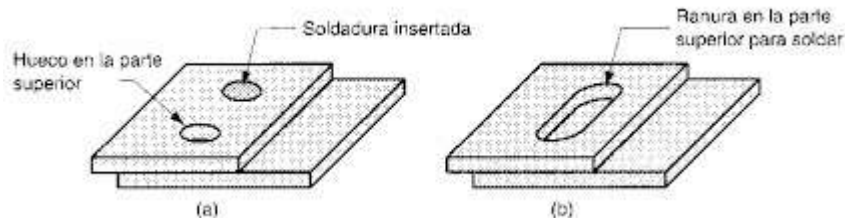


Ilustración 12. Unión de ranura.

1.2. DEFINICIÓN DE SOLDADURA

La soldadura es un proceso de fijación de dos o más piezas (normalmente de metal) que mediante calor y/o presión se funde parte de dichas piezas o se añade un material de aporte, se juntan y al enfriarse se produce la unión de ellas.[2]

1.3. RESEÑA HISTÓRICA

- ORÍGENES

La soldadura es un proceso que se remonta a épocas muy antiguas. Los primeros indicios de su práctica se encuentran en la Edad de Bronce, donde ya se fabricaban pequeñas cajas de oro con piezas unidas por presión a modo de soldadura. En la Edad de Hierro, egipcios y habitantes del Mediterráneo oriental aprendieron a soldar trozos de hierro, lo que se evidencia por la cantidad de herramientas encontradas datadas alrededor del año 1000 a.C.

En la Edad Media, se desarrolló la herrería y se produjeron muchos objetos de hierro unidos mediante procesos de percusión. Fue recién en el siglo XIX que se desarrolló la soldadura tal y como la conocemos en la actualidad. [3]

- SIGLO XIX

En el siglo XIX, Sir Humphry Davy desarrolló la habilidad de producir un arco eléctrico entre dos electrodos de carbono mediante una batería eléctrica, aunque aún no se aplicaba a la soldadura. Este descubrimiento inició su desarrollo. A mediados de siglo, se inventó el generador eléctrico que podía mantener el arco eléctrico de forma indefinida, reemplazando la batería que almacenaba una cantidad de corriente finita.



Ilustración 13. Humphry Davy.

En 1836, Edmund Davy descubrió las propiedades del acetileno y cómo producirlo. Este gas se utilizó tanto para la iluminación como para la soldadura por llama debido a su alta energía de combustión. Esto permitió generar una luz muy blanca y aportar una gran cantidad de calor utilizado para fundir metales en procesos de soldadura y corte.

En 1881, Auguste De Méritens, trabajando en un laboratorio en Francia, fue el primero en utilizar el calor generado por un arco eléctrico para unir las placas de plomo de las baterías de almacenamiento. Su alumno, el ruso Nikolai N. Benardos, junto con Stanislaus Olszewski, obtuvo una patente británica en 1885 y otra estadounidense dos años más tarde sobre este proceso de soldadura. Este fue el inicio de la soldadura por arco eléctrico mediante electrodos de carbono. Aunque Benardos solo se enfocó en la

soldadura por arco de carbono, pudo soldar hierro y plomo. Este sistema presentaba el inconveniente de que los electrodos se consumían rápidamente por degradación.

En 1890, Charles L. Coffin obtuvo la primera patente en Estados Unidos para un proceso de soldadura por arco utilizando un electrodo de metal. Este fue el primer registro de un proceso de soldadura de metal mediante un electrodo que, mediante un arco eléctrico, aportaba metal de relleno a la unión para realizar una soldadura. Casi al mismo tiempo, el ruso Nikolay Gavrilovich Slavyanov presentó la misma idea de transferir metal a través de un arco, pero fundiendo el metal en un molde. [3]

- SIGLO XX

En el año 1900, A.P. Strohmenger introdujo una mejora al sistema de soldadura en Gran Bretaña. Esta consistía en un electrodo de metal revestido con una fina capa de arcilla o cal, lo que proporcionaba un arco más estable y protegía la soldadura del oxígeno del aire. Poco después, entre 1907 y 1914, el sueco Oscar Kjellberg desarrolló un electrodo de alambre de hierro mejorado, que se recubría sumergiéndolo en mezclas espesas de carbonatos y silicatos y dejando secar posteriormente.

La Primera Guerra Mundial generó una tremenda demanda de producción de armamento, lo que llevó a la soldadura a ser puesta en servicio. Muchas empresas surgieron en América y en Europa para fabricar máquinas de soldadura y electrodos para cumplir con los requisitos.

En 1920, se introdujo la soldadura automática. Se utilizó cable de electrodo desnudo operado en corriente continua y se usó un voltaje de arco como base para regular la velocidad de alimentación. P.O. Nobel de la compañía General Electric inventó este sistema de soldadura automatizada, que se utilizó para construir ejes de motor desgastados y ruedas de grúa desgastadas.

El proceso de soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW) se originó a partir de una idea de Charles L. Coffin para soldar en una atmósfera de gas no oxidante que patentó en 1890. En la década de 1920, H.M. Hobart usó helio para el blindaje y P.K. Devers utilizó argón para refinar el concepto. Este proceso fue ideal para soldar magnesio, acero inoxidable y aluminio.

En 1948, el proceso de soldadura por arco de gas y metal (GMAW) fue desarrollado con éxito en el Battelle Memorial Institute, patrocinado por la Air Reduction Company. Este proceso utilizó un arco blindado de gas similar al arco de tungsteno de gas, pero reemplazó el electrodo de tungsteno con un cable de electrodo alimentado continuamente, lo que hizo que fuera más utilizable gracias a los cables de electrodo de diámetro pequeño y la fuente de alimentación de voltaje constante. H.E. Kennedy había

patentado previamente este principio. En un principio, la soldadura GMAW se utilizaba para metales no ferrosos debido a su alta tasa de deposición, pero luego los usuarios comenzaron a probarlo en acero. Sin embargo, el costo del gas inerte era relativamente alto y los ahorros de costos no estaban disponibles de inmediato.

La soldadura láser es uno de los procesos más recientes. Originalmente desarrollado en los laboratorios Bell Telephone como un dispositivo de comunicaciones, se descubrió que la concentración de energía en un espacio pequeño era una poderosa fuente de calor, lo que lo convirtió en una herramienta útil para el corte de metales y otros materiales no metálicos. Actualmente, el láser está siendo utilizado en la industria de la metalurgia automotriz para aplicaciones de soldadura que requieren gran precisión y control de calidad. [3]

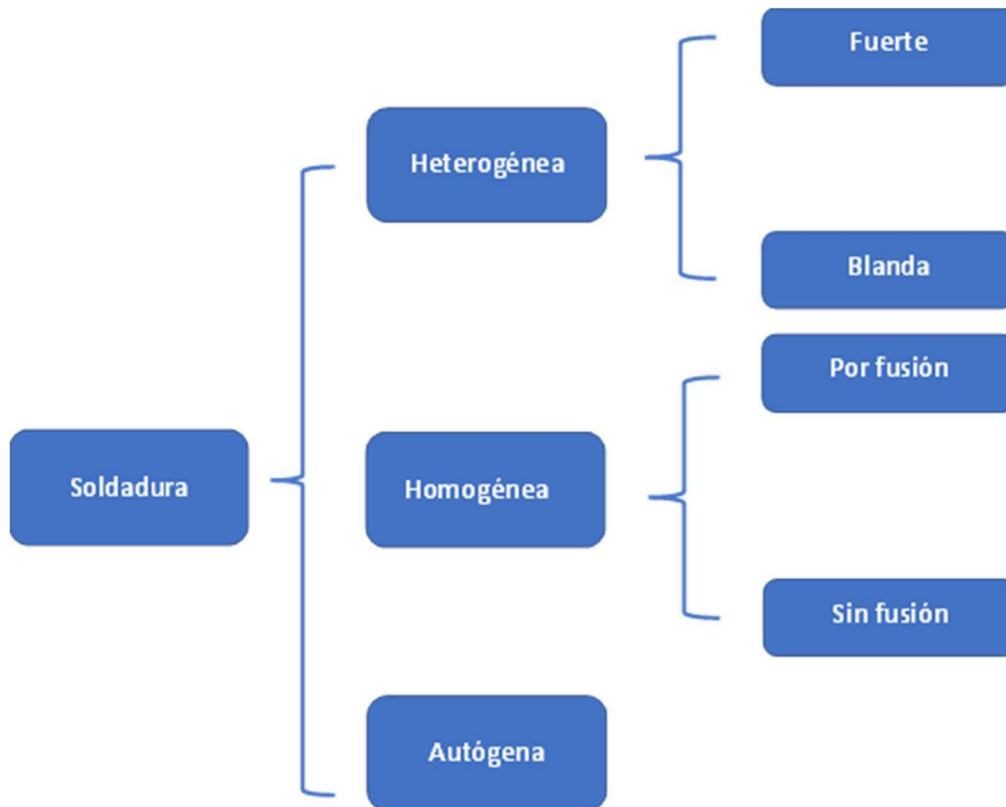
1.4. CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE SOLDADURA

La soldadura es una técnica muy comúnmente empleada en la industria cuando se requiere una alta resistencia mecánica en la unión de metales. Esta técnica permite unir los metales fundiendo o sin fundir el metal base.

La soldadura se puede clasificar en tres categorías:

- Soldadura heterogénea: los metales base y de aportación son de diferente naturaleza.
- Soldadura homogénea: el metal base como el de aportación son del mismo material.
- Soldadura autógena: se realiza sin utilizar metal de aportación.

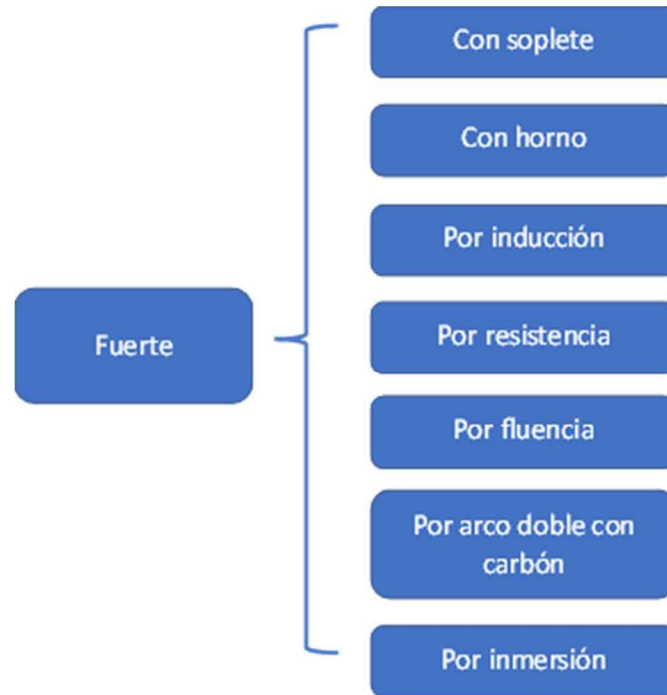
La clasificación sería la siguiente:



Esquema 1. Clasificación procesos de soldadura.

1.4.1. SOLDADURA HETEROGÉNEA FUERTE

La soldadura fuerte es un método que permite unir dos o más piezas de metal mediante la adición de un material que tiene un punto de fusión inferior al del metal base. Este material de aportación presenta propiedades físicas y químicas diferentes al metal base. La unión se produce al fundirse el material de aportación y penetrar en las superficies a unir por capilaridad. En este tipo de soldadura, el punto de fusión del material de aportación se encuentra por encima de los 450°C, y puede alcanzar los 800°C. Este proceso de unión se clasifica según la norma UNE-EN ISO 4063 con el código 9, que se refiere a la soldadura fuerte/blanda.



Esquema 2. Clasificación de los procesos de soldadura heterogénea fuerte.

1.4.1.1 SOLDADURA FUERTE CON SOPLETE

Consiste en calentar la unión de las piezas soldadas con un soplete. Hay varios tipos de sopletes, pero el de acetileno es el más utilizado porque produce el calor más alto y puede ser un método muy versátil si se usa correctamente. Este proceso se puede realizar de forma manual o automática.



Ilustración 14. Soldadura fuerte por soplete

Este proceso consiste principalmente en eliminar las rebabas de la tubería, que se forman cuando se corta la tubería. Luego se limpia la superficie metálica para que no entre suciedad en la soldadura. Luego se aplica un fundente que hace que las superficies de contacto queden completamente limpias, y tiene propiedades que facilitan el procesamiento capilar. Luego se calientan las superficies de la junta a una temperatura por encima del punto de fusión del material de relleno. Se aplica por contacto con una superficie caliente y se funde rápidamente, penetrando en la junta a través de los capilares. Finalmente, se enfría la unión con agua y se limpia la unión soldada.

1.4.1.2 SOLDADURA FUERTE CON HORNO

La soldadura fuerte con horno es un proceso que implica la introducción de piezas limpias a unir dentro de un horno, previamente preparadas con fundente y material de aporte. La unión se calienta hasta una temperatura superior al punto de fusión del material de aporte, fundiendo primero el fundente y luego el material de aporte. Este proceso permite unir piezas con geometrías complicadas que serían inaccesibles para un soplete.

Los hornos para soldadura fuerte se clasifican en cuatro tipos: horno discontinuo con aire o atmósfera controlada, horno con cinta transportadora con atmósfera controlada, horno con retorta y horno de vacío. Cada tipo de horno presenta sus propias ventajas y se selecciona según los requerimientos del trabajo a realizar.



Ilustración 15. Soldadura fuerte con horno.

1.4.1.3 SOLDADURA FUERTE POR INDUCCIÓN

En la soldadura por inducción, las piezas que se desean unir se colocan dentro de una bobina por la cual circula una corriente eléctrica. La corriente produce un efecto Joule que eleva la temperatura en la zona de la unión. Al igual que en la soldadura fuerte con hornos, es necesario que las superficies de unión se encuentren limpias y que el material de aporte esté precolocado. Las frecuencias utilizadas en este proceso varían entre 400 Hz y 500.000 Hz, siendo esta última frecuencia para soldaduras de alta inducción.



Ilustración 16. Soldadura fuerte por inducción.

1.4.1.4 SOLDADURA FUERTE POR FLUENCIA

Este proceso se utiliza muy raramente, salvo para casos muy específicos. Consiste en verter metal fundido dentro del espacio entre las piezas a unir, que deben estar alineadas y sujetas dentro de una plantilla.

1.4.1.5 SOLDADURA FUERTE POR ARCO DOBLE CON CARBÓN

Al igual que en el proceso de soldadura anterior, este método también se utiliza muy poco, excepto para casos específicos. Consiste en el uso de dos electrodos de carbón dispuestos en un ángulo determinado, a través de los cuales se genera un arco eléctrico que calienta la superficie para fundir la varilla de metal de aporte.

1.4.1.6 SOLDADURA FUERTE POR INMERSIÓN

Existen dos tipos de soldadura fuerte por inmersión: la soldadura por inmersión en un baño de metal líquido y la soldadura por inmersión en un baño de fundente líquido.

La soldadura por inmersión en un baño de metal líquido implica la aplicación de una capa de fundente en la parte de la pieza donde se desea realizar la soldadura. Cuando

se introduce la pieza en el baño, la temperatura desciende y debe ser compensada mediante el calentamiento del recipiente donde se encuentra el material de aporte fundido.

Por otro lado, la soldadura por inmersión en un baño de fundente líquido se basa en sumergir la pieza con el material de aporte ya situado en el lugar donde se debe realizar la soldadura. La pieza debe estar limpia antes de la inmersión. Para mantener el fundente líquido, se debe aplicar calor constante mediante resistencias eléctricas o sopletes. Después de sacar la pieza del recipiente y permitir que se enfríe, se debe retirar el exceso de fundente solidificado.

1.4.2. SOLDADURA HETEROGÉNEA BLANDA

La soldadura blanda heterogénea es similar a la soldadura fuerte heterogénea, con la excepción de que se trabaja con temperaturas inferiores a los 450°C, lo que limita la elección de los materiales de aportación. Este proceso de soldeo se identifica como UNE-EN ISO 4063 9, que se refiere a soldadura fuerte/blanda.

Los diversos procesos de soldadura heterogénea blanda son los mismos que los de la soldadura heterogénea fuerte. Las diferencias entre estas soldaduras son las siguientes:

| | Soldadura fuerte | Soldadura blanda |
|--|--------------------------------------|---|
| T° de fusión del material de aporte | >450° | <450° |
| Metales | Plata, oro, aluminio, níquel, cobre. | Estaño, zinc, plomo, cadmio. |
| Características | Resistencia mecánica elevada | Resistencia mecánica pequeña y peligro de corrosión |
| Aplicaciones | Unión de plaquitas de corte | Contacto de conexiones eléctricas |
| | Recargue de piezas desgastadas | Circuito de impresos y piezas ornamentales |

Tabla 2. Diferencia entre soldadura fuerte y blanda.

1.4.3. SOLDADURA HOMOGÉNEA SIN FUSIÓN

El proceso de soldadura homogénea sin fusión consiste en unir dos piezas metálicas mediante una unión interatómica, sin que se fundan los metales base ni el material de aporte (si se requiere). A continuación, se describen los distintos procesos de soldadura sin fusión.



Esquema 3. Clasificación de la soldadura homogénea sin fusión.

1.4.3.1 SOLDADURA POR FORJA

La soldadura por forja es uno de los procedimientos más antiguos que existen para unir piezas metálicas. Este proceso implica calentar los extremos de las piezas a unir en un horno o fragua hasta que alcanzan el estado plástico. Después se sacan del horno y se aplican presión entre las piezas con martillos o prensas hidráulicas. Es crucial preparar adecuadamente los bordes y limpiar las superficies a unir. Este tipo de soldadura se designa según la norma UNE-EN ISO 4063 43.



Ilustración 17. Soldadura por forja.

1.4.3.2 SOLDADURA POR PRESIÓN EN FRÍO

La soldadura por presión en frío es un procedimiento que se define por la norma UNE-EN ISO 4063 48. Se caracteriza por la aplicación de presión, a temperatura ambiente, entre las piezas a unir. La unión de estas piezas se produce gracias a la capacidad de los metales para adherirse mediante atracción molecular, siempre y cuando las superficies se encuentren completamente limpias. Este método se utiliza comúnmente en materiales que tienen una alta deformación plástica.

1.4.3.3 SOLDADURA POR PRESIÓN EN CALIENTE

La soldadura por presión en caliente se rige por la norma UNE-EN ISO 4063 49. Este proceso consiste en calentar las superficies a unir mediante una fuente de calor y aplicar presión entre ellas hasta que se produzca la soldadura. Hay dos procedimientos disponibles para realizar este tipo de soldadura.

El primer procedimiento implica colocar las superficies en contacto y calentarlas a una temperatura adecuada, luego se aumenta la presión hasta que se produce el recalcado, es decir, la soldadura.

El segundo procedimiento se basa en mantener cierta separación entre las superficies a unir y utilizar un calentador múltiple para calentarlas hasta una temperatura adecuada. Una vez que se alcanza la temperatura adecuada, se retira el calentador y se aplica presión para producir el recalcado y la soldadura.

1.4.3.4 SOLDADURA POR FRICCIÓN

La soldadura por fricción es un método de unión de dos piezas similar a la soldadura por presión. Consiste en hacer girar una pieza mientras la otra permanece fija y poner sus superficies en contacto hasta que alcanzan el estado plástico, todo ello mediante fricción. Después de llegar al estado plástico, se aplica presión para producir el collar característico. Una vez finalizado el proceso, se debe mecanizar la superficie de la unión para eliminar las rebabas generadas, es decir, el collar formado por el giro. Este proceso se encuentra designado como UNE-EN ISO 4063 42.

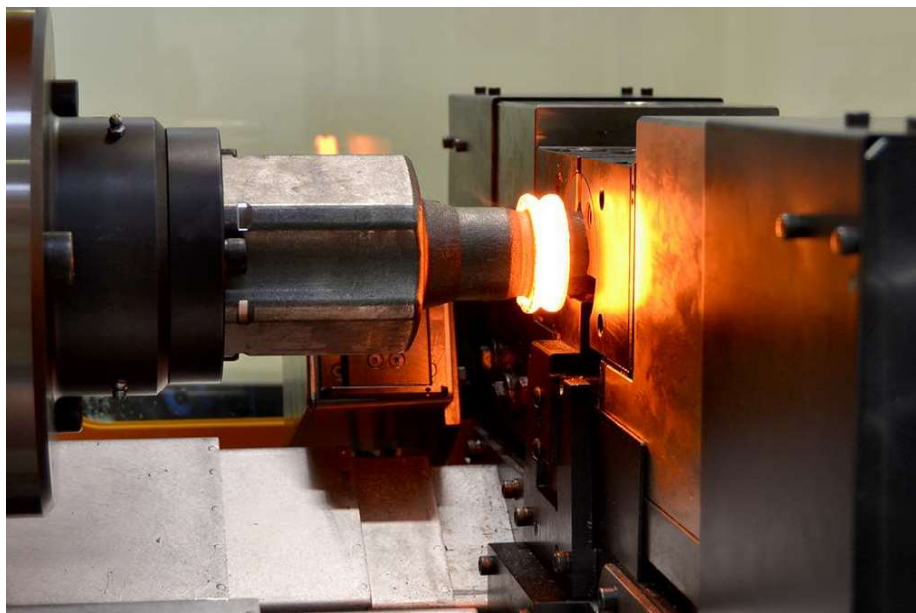


Ilustración 18. Soldadura por fricción.

1.4.3.5 SOLDADURA POR EXPLOSIÓN

La soldadura por explosión es un proceso que consiste en unir dos piezas de metal mediante la energía liberada por la detonación de un explosivo. Este procedimiento se encuentra estandarizado como UNE-EN ISO 4063 441. En este proceso, una de las piezas se mantiene fija mientras la otra, separada cierta distancia, se desplaza hacia ella produciendo la unión en el punto de colisión generado por la explosión.

Los componentes principales en la soldadura por explosión son: la pieza base, el componente primario y el explosivo. En este proceso, las variables críticas que afectan la calidad de la unión son la velocidad de colisión, el ángulo de colisión y la velocidad del componente primario. Para lograr una unión exitosa, se requiere que al menos dos de estas tres variables alcancen su valor crítico.

1.4.3.6 SOLDADURA POR INDUCCIÓN Y ALTA FRECUENCIA

La norma UNE-EN ISO 4063 743 se refiere a la soldadura por inducción y alta frecuencia. Este proceso genera calor a través de la resistencia que presenta la pieza al paso de las corrientes eléctricas inducidas. Aunque es similar a la soldadura fuerte por resistencia, en este caso no se utiliza material de aporte, sino que las piezas se unen mediante su estado plástico. Para obtener una soldadura de calidad, es importante controlar la cantidad de calor producido y la penetración alcanzada. Este tipo de soldadura es comúnmente utilizado en la fabricación de tubos.



Ilustración 19. Soldadura por inducción y alta frecuencia.

1.4.3.7 SOLDADURA POR ULTRASONIDOS

La soldadura por ultrasonidos, designada como UNE-EN ISO 4063 41, es un procedimiento que permite la unión de piezas mediante la introducción de una energía vibratoria acústica. Esta vibración produce calor por la agitación de los átomos, lo que permite alcanzar el estado plástico de las piezas. Para ello, las piezas se sujetan solapadas bajo una presión moderada. Los parámetros importantes para controlar son la potencia, la presión y el tiempo de aplicación. Este método de soldadura es especialmente útil en la fabricación de transistores e intercambiadores de aluminio.

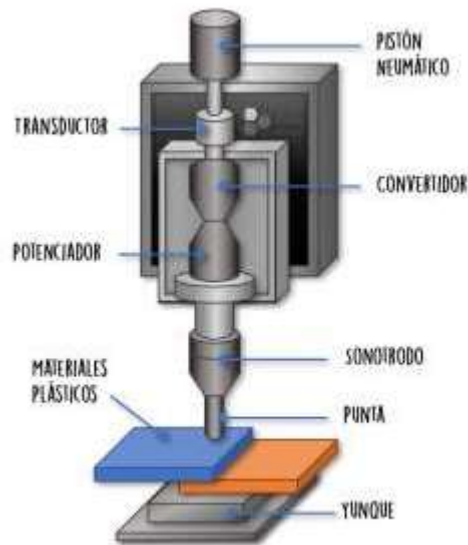
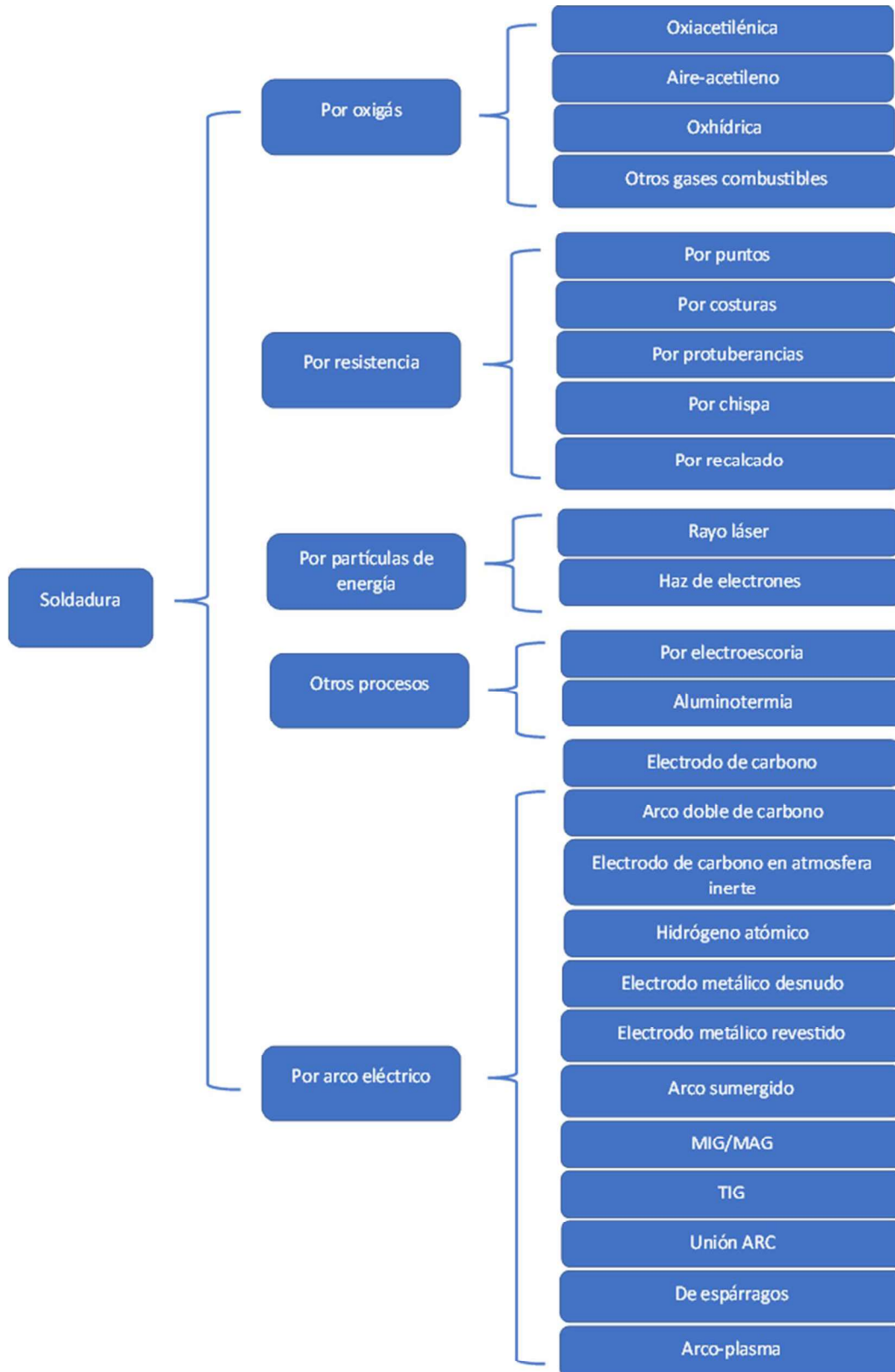


Ilustración 20. Soldadura por ultrasonidos.

1.4.4. SOLDADURA HOMOGÉNEA POR FUSIÓN

La soldadura por fusión engloba el proceso de unir dos o más piezas mediante la elevación de la temperatura por encima de la temperatura de fusión tanto del metal base como del metal de aportación, logrando así un estado líquido que permite la unión de las piezas. Existen varios tipos de soldadura por fusión, que podemos distinguir entre sí:



Esquema 4. Clasificación de la soldadura homogénea por fusión.

1.4.4.1 SOLDADURA POR OXIGAS

El soldeo oxigás es un proceso de soldeo por fusión que utiliza el calor producido de una llama, obtenida por la combustión de un gas con oxígeno, para fundir el metal base y, si se emplea, el metal de aportación. Esta soldadura se puede dividir en distintos procesos.

Se designa por la UNE-EN ISO 4063 31.

- **Oxiacetilénica**

En este procedimiento, la fusión del metal se logra mediante la utilización de una llama oxiacetilénica generada a partir de la combustión de una mezcla de acetileno y oxígeno. Estos gases se suministran al soplete a presiones y volúmenes adecuados a través de conductos separados. Dentro del soplete, se mezclan y, a través de la boquilla, se expulsan en condiciones óptimas para su uso. Al encender esta mezcla, se produce la combustión, aprovechando el calor generado para fundir tanto el metal base como el metal de aportación.

La temperatura que se obtiene en este proceso es muy elevada, y dependerá de el oxígeno o acetileno suministrado durante el proceso. Las llamas que se pueden obtener en esta soldadura son las siguientes:

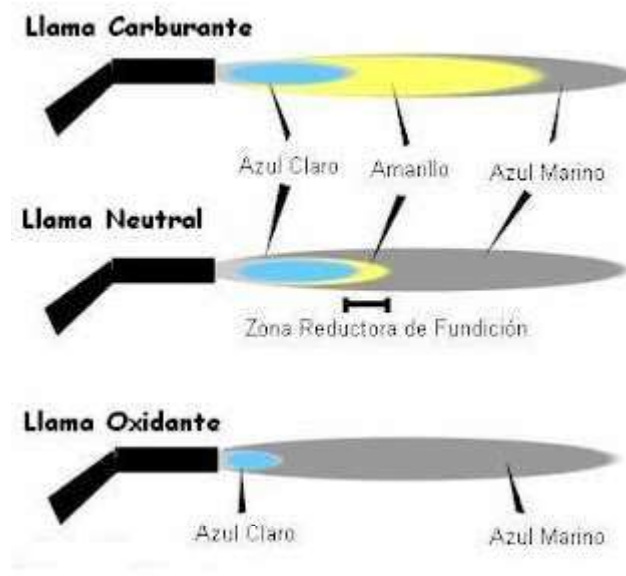


Ilustración 21. Tipos de llama

- **Aire-acetileno**

La soldadura aire-acetileno es similar a la soldadura oxiacetilénica, con la diferencia de que en este caso se utiliza aire como comburente en lugar de oxígeno puro. El uso de aire como comburente es más económico, ya que se obtiene directamente del ambiente. El aire está compuesto principalmente por oxígeno y nitrógeno, lo que significa que ya tenemos el oxígeno necesario para el proceso de combustión.

- **Oxhídrica**

La soldadura oxhídrica es similar a los casos anteriores, con la diferencia de que utiliza hidrógeno como combustible en lugar de acetileno. La principal ventaja de esta técnica es que el hidrógeno es más económico que el acetileno. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la temperatura alcanzada por el hidrógeno es inferior a la de los otros métodos mencionados.

- **Otros gases combustibles**

En la soldadura por oxigás, es posible utilizar diversos tipos de combustibles, como butano, propano, gas natural o una mezcla de gases. La identificación de los gases se realiza mediante el color de las botellas en las que se almacenan.



Ilustración 22. Colores de identificación de las botellas

1.4.4.2 SOLDADURA POR RESISTENCIA

En los procesos de soldadura por resistencia, se produce calor al hacer circular una corriente eléctrica de alta intensidad a través de la unión que se desea soldar, utilizando dos electrodos. Los metales que conforman la unión presentan resistencia al paso de esta corriente, lo que genera calor. Este calor es más intenso en la intercara de las piezas, es decir, en la zona de unión, debido a que la resistencia al flujo de corriente es máxima en ese punto.

Además de la corriente eléctrica, es necesario aplicar presión durante y después del paso de la corriente para lograr la unión de los metales en este proceso de soldadura. La aplicación de presión es fundamental para asegurar una unión sólida y duradera.

Se designa por la norma UNE-EN ISO 4063 2.

- **Por puntos**

La soldadura por puntos implica la colocación de dos metales base superpuestos entre dos electrodos, los cuales se encargan de aplicar presión y corriente eléctrica para crear un punto de soldadura en forma de lente en la intercara de los metales. Este proceso de soldadura consta de cuatro fases: posicionamiento, soldadura, forja y cadencia. La soldadura por puntos encuentra su principal aplicación en la fabricación de carrocerías de automóviles. Esta técnica se encuentra definida en la norma UNE-EN ISO 4063 21.

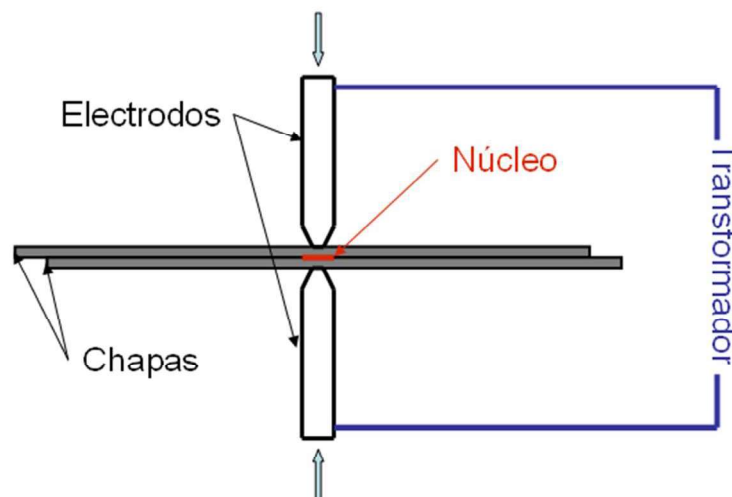


Ilustración 23. Soldadura por puntos.

- **Por costuras**

La soldadura por costura es similar a la soldadura por puntos, pero en lugar de utilizar electrodos convencionales, emplea electrodos metálicos en forma de disco para crear una línea continua de puntos de soldadura superpuestos mediante el giro de los electrodos. Esta técnica se encuentra definida por la norma UNE-EN ISO 4063 22.

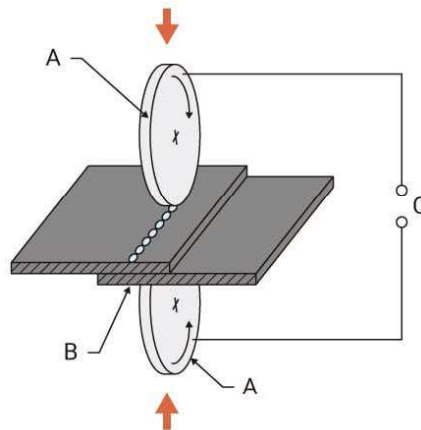


Ilustración 24. Soldadura por costura

- **Por protuberancias**

La soldadura por protuberancias se basa en la creación de una serie de protuberancias en uno de los materiales base con el objetivo de generar puntos de soldadura. La presión y la corriente eléctrica se transmiten a través de estas protuberancias, determinando así el tamaño del punto de soldadura en función de su tamaño. Esta técnica se encuentra definida por la norma UNE-EN ISO 4063 23.

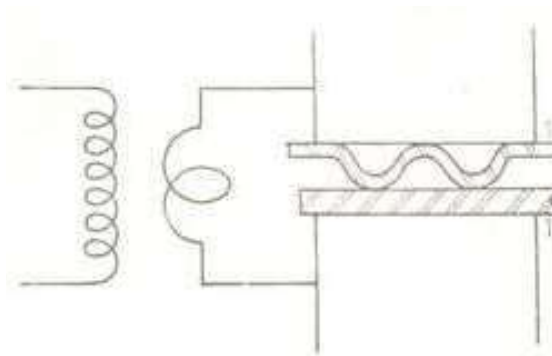


Ilustración 25. Soldadura por protuberancias

- **Por chispas**

La soldadura por chispas o chisporroteo se identifica según la norma UNE-EN ISO 4063 24. Este proceso consiste en calentar las superficies de dos piezas, las cuales se encuentran ligeramente separadas, mediante pequeños arcos eléctricos generados por la resistencia que ofrecen estos materiales al flujo de corriente eléctrica. Después de calentar las superficies, se aplica presión para lograr la unión. A diferencia de otros métodos de soldadura, en este caso no es necesario realizar una limpieza exhaustiva ni asegurar que las superficies sean completamente paralelas.

- **Por recalcado**

En esta soldadura se aplica la presión y posteriormente se hace pasar la corriente eléctrica produciendo la fusión simultáneamente en toda la superficie de unión, la cual tiene que permanecer paralelas y muy limpias. Esta técnica se encuentra definida por la norma UNE-EN ISO 4063 25.

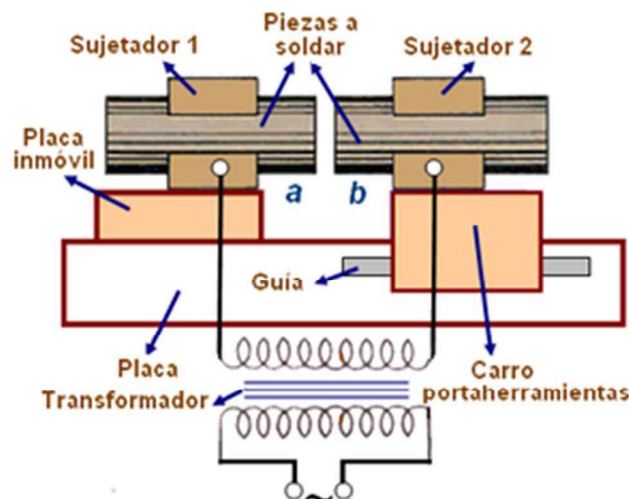


Ilustración 26. Soldadura por recalcado

1.4.4.3 SOLDADURA POR PARTÍCULAS DE ALTA ENERGÍA

Este método de soldadura se destaca por su alta densidad de energía, lo que resulta en zonas de calentamiento muy concentradas y una penetración significativa. Estos procesos son altamente relevantes en la actualidad y continúan siendo objeto de investigación. Podemos identificar dos tipos de procesos distintos en esta categoría:

- **Por rayo láser**

La soldadura mediante rayo láser es un proceso de fusión en el cual el calor se genera mediante la conversión de energía absorbida por el metal base al incidir sobre él un haz láser. Se utiliza un gas inerte como protección para evitar la oxidación. Dentro de esta técnica, podemos distinguir dos tipos principales: láser de estado sólido (Nd-YAG) y láser de estado gaseoso ($\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$). Se encuentra definida por la norma UNE-EN ISO 4063 52.

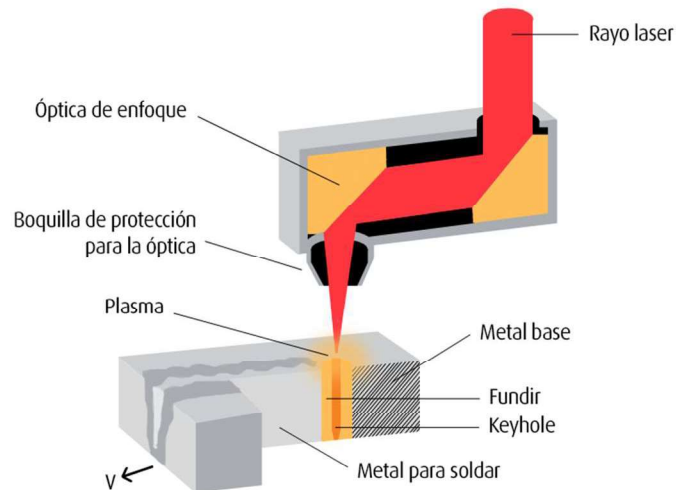


Ilustración 27. Soldadura por rayo láser

- **Por haz de electrones**

La soldadura por haz de electrones es un proceso de fusión en el cual se enfoca una alta densidad de energía del haz de electrones sobre una zona específica, generando un calentamiento de hasta $2200\text{-}2700^\circ\text{C}$. Esto resulta en la vaporización del metal y la fusión rápida de las áreas adyacentes. Para realizar esta soldadura, se utiliza una cámara de vacío para evitar que los electrones choquen con las partículas presentes en el aire. Se encuentra designado por la norma UNE-EN ISO 51.

1.4.4.4 OTROS PROCESOS DE SOLDADURA POR FUSIÓN

- **Por electroescoria**

La resistencia al flujo de corriente eléctrica, y el calor generado por esta, provoca que la escoria fundida alcance una temperatura superior al punto de fusión del metal, lo que resulta en la fusión de los bordes del metal base y el metal de aportación. Este tipo de soldadura se lleva a cabo en posición vertical, utilizando bordes bien alineados, y la escoria es controlada de manera automática mediante un sistema.

1.4.4.5 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

El arco eléctrico puede ser definido como el movimiento de electrones entre dos electrodos, generando una diferencia de potencial entre ellos.

Para proporcionar la energía necesaria, el método más simple es calentar el electrodo a una temperatura extremadamente alta. Por lo tanto, el procedimiento común para iniciar un arco es establecer un cortocircuito entre la pieza de trabajo y el electrodo, lo que genera un intenso calentamiento en la punta del electrodo negativo (conocido como cátodo) al pasar una corriente elevada. En este punto, se requieren solo unos pocos voltios para establecer el arco.

Una vez que se ha formado el arco, los electrones que salen del cátodo ionizan el gas a medida que chocan con los átomos presentes. Los electrones continúan su trayectoria hacia el ánodo (terminal positivo), mientras que los iones se dirigen hacia el cátodo, transfiriendo su energía cinética en forma de calor y manteniendo así la temperatura del cátodo, lo que permite que continúe emitiendo electrones.

La soldadura por arco eléctrico es un proceso de fusión en el que el calor se genera mediante la formación de un arco eléctrico entre un electrodo y el metal base. Este tipo de soldadura está definido por la norma UNE-EN ISO 4063 1.

Algunas características importantes de la soldadura por arco eléctrico son las siguientes:

- Es el método de soldadura más utilizado en la actualidad.
- Permite una gran concentración de calor en zonas pequeñas, lo que permite alcanzar altas temperaturas.
- Puede realizarse con diferentes tipos de atmósferas, ya sean visibles o no visibles.
- Existen varios métodos de soldadura que se pueden utilizar.

La soldadura por arco eléctrico ofrece numerosas ventajas, como el bajo costo de los equipos necesarios, la alta velocidad de soldadura gracias a la concentración de calor, la capacidad para soldar una amplia gama de metales, la producción de soldaduras de alta calidad, la facilidad en el manejo de los equipos y la baja generación de ruido al trabajar con corriente continua.

En cuanto a los modos de transferencia del arco eléctrico, se pueden distinguir varios: la transferencia gravitacional (globular), la transferencia proyectada (spray), la transferencia de rechazo y la transferencia de cortocircuito.

Además, existen numerosos procedimientos de soldadura por arco eléctrico, los cuales se definen en función del tipo de electrodo utilizado, si este posee o no un revestimiento, el gas protector empleado (como argón, helio, CO₂, etc.), el tipo de fuente de energía empleada (transformador o generador) y el tipo de corriente eléctrica utilizada (continua o alterna).

- **Electrodo de carbono**

Este método de soldadura, que fue uno de los primeros en emplearse en la soldadura por arco eléctrico, ha perdido relevancia en la actualidad. Se basa en la fusión tanto del metal base como del material de aportación, el cual se introduce de manera independiente mediante un arco eléctrico establecido entre el metal base y un electrodo de carbono. El electrodo de carbono se somete a una corriente continua de baja tensión pero alta intensidad. Este proceso es especialmente útil para reparar piezas de fundición.

- **Arco doble de carbono**

La soldadura por arco doble de carbono se utiliza para realizar la fusión tanto del metal base como del metal de aportación, en caso de ser necesario. Esto se logra mediante el arco eléctrico que se establece entre dos electrodos de carbono. Este proceso es comúnmente empleado para realizar recargues en piezas.

- **Electrodo de carbono en atmósfera inerte**

Este tipo de soldadura es similar a la soldadura por arco eléctrico con electrodo de carbono, pero utiliza un gas inerte, como argón o helio, para proteger el área de soldadura y prevenir la oxidación durante el proceso.

- **Hidrógeno atómico**

La soldadura por hidrógeno atómico se realiza al establecer un arco eléctrico entre dos electrodos de tungsteno en presencia de una atmósfera de hidrógeno. El calor se genera mediante la ruptura de los enlaces de hidrógeno a través del arco, lo que puede alcanzar temperaturas de hasta 4000°C.

- **Electrodo metálico desnudo**

El método de soldadura con electrodo metálico desnudo fue uno de los primeros utilizados en la soldadura por arco eléctrico. Consiste en emplear una varilla de metal como electrodo para generar el arco, siendo esta varilla también utilizada como material de aportación al fundirse debido a la alta temperatura generada por el arco eléctrico. Sin embargo, este tipo de soldadura presenta inconvenientes, como la posible oxidación del metal debido a la falta de un gas de protección o a la ausencia de revestimiento en el electrodo, lo cual dificulta la soldadura y el establecimiento del arco.

- **Electrodo metálico revestido**

El procedimiento de soldadura con electrodo metálico revestido es similar al descrito anteriormente, con la diferencia de que el electrodo se recubre para crear una atmósfera controlada. Esta atmósfera se genera al fundirse el revestimiento y tiene un impacto significativo en la estabilidad del arco y en la deposición del material de aporte. Este proceso se conoce como SMAW la cual se designa según la norma 4063 111.

Entre las ventajas de este proceso se incluyen:

- Puede realizarse en cualquier posición de soldadura.
- El equipo necesario es sencillo y de bajo coste, lo que permite llevar a cabo la soldadura en diferentes ubicaciones.
- No se requiere el uso de gases de protección.

Sin embargo, presenta algunas desventajas, tales como:

- Requiere habilidad por parte del soldador.
- Es más adecuado para trabajos con espesores pequeños.
- El procedimiento puede ser relativamente lento.

La soldadura con electrodo metálico revestido puede llevarse a cabo con corriente continua (directa e inversa) o corriente alterna.

El equipo necesario para este proceso incluye una fuente de energía de intensidad constante, un cable porta electrodos, un portaelectrodos, un cable de conexión a tierra, una conexión a tierra y, por último, el electrodo.

- **Arco sumergido**

El proceso de soldadura por arco sumergido implica la fusión de un alambre-electrodo continuo y desnudo que está protegido por la escoria generada a partir de un fundente, ya sea en forma granulada o en polvo. Se conoce como SAW, la cual se designa según la norma UNE-EN ISO 4063 12.

Algunas ventajas de este proceso son las siguientes:

- Puede ser realizado de forma semiautomática, con la asistencia de un operario, o de manera automática, sin requerir intervención humana.
- Permite depositar una gran cantidad de material, lo que resulta en soldaduras de alta calidad.

- Es adecuado para trabajar con espesores mayores a 1,5 milímetros.

Sin embargo, presenta algunos inconvenientes, como:

- Requiere el uso de una máquina adicional que se encargue de almacenar, alimentar y recoger el fundente.
- Existe el riesgo de contaminación en el fundente recolectado.

Este procedimiento de soldadura se aplica en diversos ámbitos, como la construcción naval, la edificación, la fabricación de tuberías y la producción de depósitos a presión, entre otros.

El equipo utilizado en la soldadura por arco sumergido incluye una fuente de energía, un sistema y panel de control, un cabezal (que consta de un sistema de alimentación de alambre, una pistola de soldadura, un sistema de montaje y posicionamiento del cabezal, una tolva de fundente, mangueras y un sistema de recogida) y equipos accesorios, como sistemas de desplazamiento y accesorios de sujeción.

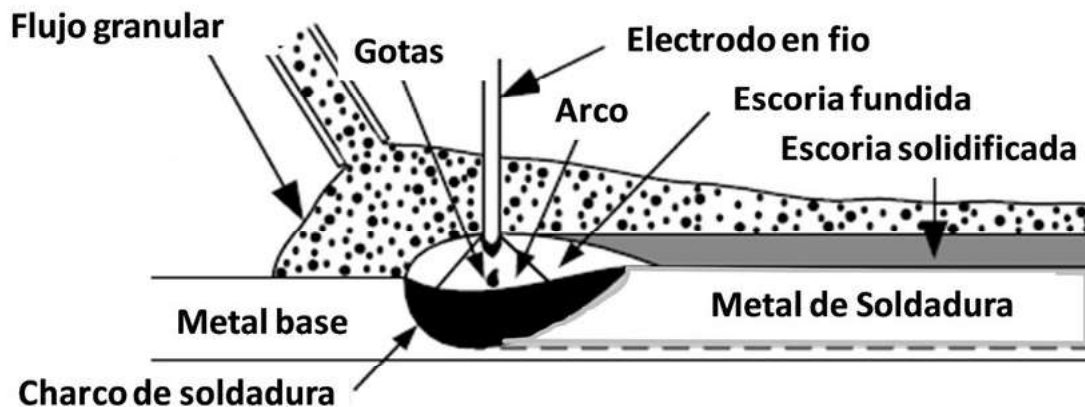


Ilustración 30. Soldadura por arco sumergido

Como material de aportación se emplea un alambre macizo en bobinas que suelen pesar entre 10 y 445 kilogramos. También se pueden utilizar alambres tubulares rellenos de polvo metálico.

Los fundentes utilizados en la soldadura por arco sumergido tienen la función de proteger el baño de fusión de la atmósfera, cubriendo el metal con una escoria (fundente fundido). Además, limpian el baño de fusión, modifican su composición química y afectan la forma y propiedades mecánicas de la soldadura. Estos fundentes son compuestos minerales mezclados de acuerdo con una formulación específica, generalmente óxidos de diferentes sustancias.

- **MIG/MAG**

Las ventajas de este procedimiento de soldadura por arco eléctrico con gas protector (GMAW) son las siguientes:

- Es adecuado para soldar cualquier tipo de material.
- El uso de un electrodo continuo aumenta la productividad al eliminar la necesidad de cambiar el electrodo y permite una alta tasa de deposición. Se pueden lograr velocidades de soldadura mucho más altas que con SMAW.
- La soldadura se puede realizar en cualquier posición.
- Es posible realizar soldaduras largas sin la presencia de empalmes entre cordones, lo que reduce el riesgo de imperfecciones.
- No es necesario eliminar la escoria, ya que no se genera en este proceso.

El equipo de soldadura consta de las siguientes partes principales:

1. Fuente de energía: proporciona altas intensidades y una tensión constante. Para lograr una intensidad constante, se requiere un alimentador de alambre con velocidad variable. La fuente de energía incluye interruptor, conexión a la red eléctrica, transformador con selección de tensión, rectificador y regulador de soldadura.
2. Sistema de alimentación de alambre: consta de una bobina de alambre con dispositivo de colocación, guía del alambre, rodillos de arrastre, empujador y boquilla de salida del alambre. Los sistemas de alimentación pueden ser de empuje (push), de arrastre (pull) o una combinación de ambos. Los rodillos suelen ser uno plano y otro con bisel, y es importante seleccionar el rodillo adecuado según el diámetro del alambre.
3. Portaelectrodo: está compuesto por el tubo de contacto, tobera, funda del alambre electrodo, conducto de gas, cables eléctricos, interruptor y conducto para el agua de refrigeración.
4. Suministro de gas protector y agua de refrigeración.
5. Panel de control.



Ilustración 31. Equipo soldadura MIG/MAG

- **TIG**

El procedimiento de soldadura por arco eléctrico con gas protector, conocido como GTAW o por la norma UNE-EN ISO 4063 141 como TIG (Tungsten Inert Gas), emplea un arco eléctrico entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión.

Las ventajas de este proceso de soldadura TIG son las siguientes:

- Es adecuado para soldar cualquier tipo de metal.
- No se producen proyecciones debido a la ausencia de transferencia de material en el arco.
- No se genera escoria durante el proceso.
- Las soldaduras resultantes suelen ser lisas y uniformes.
- Se puede utilizar con o sin material de aporte.
- Permite realizar soldaduras de alta calidad en cualquier posición.

- Tanto la fuente de energía como el material de aporte pueden controlarse de forma independiente.
- Las fuentes de energía utilizadas no son demasiado costosas.

Sin embargo, también presenta algunas desventajas:

- La tasa de deposición es menor en comparación con otros procesos de soldadura.
- Requiere de gran habilidad por parte del soldador al realizar el procedimiento de forma manual.
- No es económico para espesores mayores a 10 milímetros.
- La protección de la soldadura puede resultar complicada en presencia de corrientes de aire.

El equipo utilizado en la soldadura TIG está compuesto principalmente por los siguientes elementos:

1. Fuente de energía: La fuente de energía proporciona una corriente constante que no se ve afectada por las variaciones en la longitud del arco. En el caso de corriente continua, la fuente de energía incluye un transformador, rectificador, ventilador, controlador de refrigeración por agua, válvula magnética de gas de soldadura y módulo de control. Para corriente alterna, la fuente de energía cuenta con un transformador, generador de impulsos de alta frecuencia, protector, filtro capacitivo, válvula magnética de gas de soldadura y módulo de control.
2. Panel de control: Este panel permite al soldador controlar varios parámetros y funciones durante el proceso de soldadura.
3. Portaelectrodo: El portaelectrodo tiene la función de conducir la corriente eléctrica y el gas de protección hacia la zona de soldadura. Puede estar diseñado para refrigeración natural (mediante aire) o refrigeración forzada (con circulación de agua). El electrodo de tungsteno, que transporta la corriente hasta la zona de soldadura, se sujeta firmemente mediante una pinza ubicada en el cuerpo del portaelectrodo. El gas de protección llega a la zona de soldadura a través de una boquilla de material cerámico.

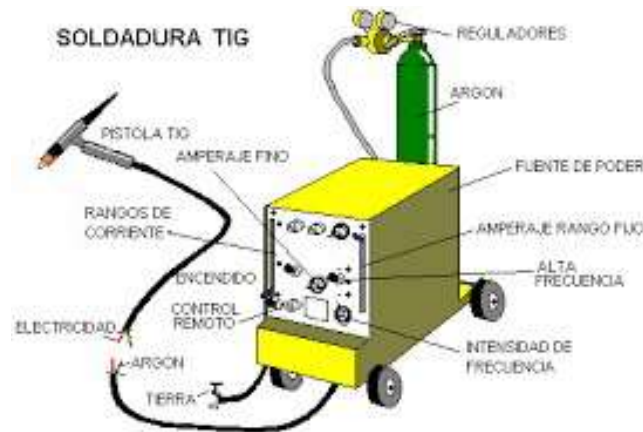


Ilustración 32. Equipo soldadura TIG.

El material de aporte puede ser utilizado en forma de varilla o en forma de injertos. Las varillas tienen diámetros normalizados y una longitud estándar de 150 milímetros. No es necesario utilizar varillas para espesores menores a 3 milímetros. Por otro lado, los injertos se utilizan principalmente para las pasadas de raíz, que se realizan desde un lado.

En cuanto a los gases empleados, se utilizan argón y helio, que son gases inertes. También se pueden utilizar mezclas de estos gases, así como mezclas que incluyen hidrógeno.

- **Electrodo tubular**

El proceso de soldadura por arco con electrodo tubular utiliza un arco eléctrico entre un alambre-electrodo consumible y la pieza a soldar para lograr la unión. La protección durante el proceso se logra mediante el fundente contenido dentro de un alambre tubular, pudiendo emplearse con o sin gas adicional de protección.

La soldadura por arco con electrodo tubular combina características de la soldadura con electrodo revestido, soldadura MIG/MAG y soldadura por arco sumergido.

Existen dos variantes principales: con alambre auto-protegido, donde el fundente se encarga de proteger la soldadura mediante su fusión, y con protección gaseosa, donde se utiliza un gas inerte o activo para proteger la soldadura.

Las ventajas de la soldadura por arco con electrodo tubular incluyen una mayor productividad en comparación con la soldadura por arco con electrodo revestido, lo que reduce los costos del producto. Además, requiere menos limpieza del metal base en comparación con la soldadura MIG/MAG.

Sin embargo, también presenta algunas desventajas, como un mayor costo del equipo en comparación con la soldadura por arco con electrodo revestido, lo que implica

una inversión mayor. Además, los electrodos utilizados son más costosos y el proceso genera una mayor cantidad de humos en comparación con la soldadura MIG/MAG.

Este tipo de soldadura se aplica ampliamente en diversas industrias, como astilleros, estructuras de edificios y tuberías de gaseoductos. Es adecuada para soldaduras en diferentes posiciones y es utilizada para unir aceros al carbono, aceros inoxidable y fundiciones.

El equipo de soldadura por arco con electrodo tubular es similar al utilizado en la soldadura MIG/MAG, con algunas diferencias en los rodillos utilizados. Estos rodillos deben ser adecuados para el alambre tubular, evitando aplastamientos o deformaciones, por lo que se suelen utilizar rodillos moleteados.

- **Unión Arco**

La soldadura por arco de unión es un procedimiento en el cual el metal se funde mediante un arco eléctrico generado por un electrodo consumible. Durante este proceso, se utiliza dióxido de carbono como gas de protección para asegurar la estabilidad del arco y garantizar una soldadura adecuada.

- **De espárragos**

Este método implica utilizar soldadura por arco eléctrico para unir una varilla o espárrago de sección circular, con un diámetro que puede variar entre 3 y 25 milímetros, o de sección rectangular, a una pared metálica. Esta técnica elimina la necesidad de taladrar y roscar las varillas en las paredes de dispositivos, estructuras, etc. Como resultado, se reduce significativamente el costo asociado con estas operaciones.

- **Arco - plasma**

La soldadura por arco - plasma, también conocida como soldadura PAW (Plasma Arc Welding), se identifica según la norma UNE-EN ISO 4063 15. Este proceso de soldadura por fusión utiliza un arco eléctrico que se forma típicamente entre el electrodo y el metal base para generar calor.

La soldadura por arco - plasma (PAW) se puede considerar como una evolución del proceso TIG. En esencia, este proceso implica la formación de un arco cónico similar al del TIG, pero con la particularidad de que se inicia dentro de una boquilla de cobre diseñada específicamente para restringir el arco y permitir que salga de la boquilla en forma de una columna más larga y enfocada que en el proceso TIG.

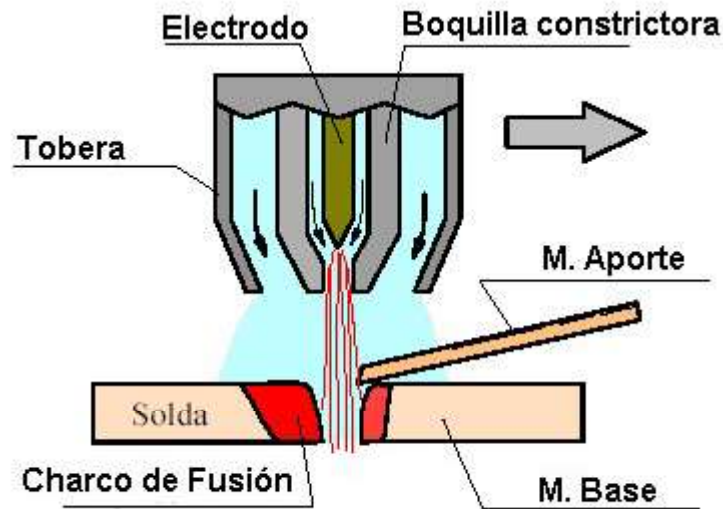


Ilustración 33. Soldadura por Arco - Plasma

Durante la soldadura por arco - plasma, el gas utilizado se calienta hasta alcanzar un estado plasmático debido a la alta densidad energética y temperatura generada. Este proceso de calentamiento provoca la ionización del gas, dividiéndolo en iones y electrones.

El equipo que conforma esta soldadura es el siguiente

1. Fuente de alimentación: La fuente de alimentación puede ser de corriente continua o corriente alterna. En general, se utiliza la fuente de corriente continua con polaridad directa y arco transferido, ya que permite trabajar con intensidades bajas a partir de 0,1 Amperio. Por otro lado, la fuente de corriente continua con polaridad inversa se utiliza en soldaduras que requieren precaución para evitar la contaminación del tungsteno, como en el caso de ciertos materiales reactivos.
2. Botellas de gases: Estas botellas almacenan los gases de protección y plasmógeno. Pueden estar fabricadas tanto de cerámica como de metal de alta resistencia a impactos.
3. Mangueras: Las mangueras, generalmente de caucho, se encargan de transportar el gas desde las botellas hasta la consola de control. También hay una manguera adicional que lleva agua hasta la consola de control para refrigerar la boquilla.
4. Consola de control: En esta unidad convergen las mangueras (de gas y de agua para refrigeración) y la corriente proveniente de la fuente de alimentación. Desde la consola de control sale una manguera única con todos los conductos hacia la pistola o antorcha de soldadura.

5. Cables: Se utilizan cables para la transmisión de la corriente desde la fuente de alimentación hasta el portaelectrodos.
6. Portaelectrodos: Este componente cuenta con un conducto alrededor del electrodo por el cual circula el gas plasmógeno, con una restricción en el extremo de salida para acelerar el chorro. Asimismo, el gas protector circula alrededor del gas plasmógeno a través de un conducto concéntrico. Para evitar el sobrecalentamiento, la boquilla del portaelectrodos dispone de un sistema de refrigeración por agua en la punta. La boquilla, por lo general, está fabricada de cerámica y puede ser reemplazada según el tipo de soldadura.
7. Electrodo: El electrodo utilizado es no consumible y puede estar compuesto de tungsteno o tungsteno aleado con torio. El electrodo es uno de los elementos más importantes en este tipo de soldadura y en la generación del arco eléctrico.

1.5. SOLDADURA OXIGÁS

El soldeo oxigás es proceso de soldeo por fusión que usa el calor producido por una llama obtenida por la combustión de un gas(combustible) con un gas comburente (oxígeno) para fundir el material base y si se emplea, el material de aportación.



Ilustración 34. Soldadura oxigás

1.5.1. ORÍGENES DE LA SOLDADURA OXIGÁS

La soldadura oxigás tiene sus raíces a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, cuando se comenzaron a realizar experimentos con diversas combinaciones de gases combustibles y oxígeno con el fin de generar una llama de alta temperatura. Esta llama caliente resultaba en la fusión de los bordes de los metales a unir, creando así una unión sólida.

Un hito importante en el desarrollo de la soldadura oxigás fue la invención del soplete de mezcla en 1903 por Edmond Fouché y Charles Picard. Este soplete permitía una mejor combinación de los gases combustibles y el oxígeno, lo que se traducía en una llama más eficiente y controlada.

Conforme avanzaba el siglo XX, se fueron perfeccionando las técnicas y los equipos utilizados en la soldadura oxigás. Se introdujeron reguladores de presión para controlar el flujo de los gases, boquillas de diferentes tamaños para ajustar el tamaño y la intensidad de la llama, y dispositivos de corte oxigás para trabajar con metales.

La soldadura oxigás tuvo un amplio uso en la industria durante décadas, especialmente en la construcción de estructuras metálicas, la reparación de tuberías y la fabricación de maquinaria pesada.

1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLDADURA OXIGÁS

La soldadura oxigás es un método de soldadura por fusión que utiliza el calor generado por una llama producida a partir de la combustión de un gas en combinación con oxígeno.

Este proceso requiere dos componentes fundamentales:

- Gas combustible: propano, acetileno, gas natural...
- Gas comburente: oxígeno.

La combustión de estos gases genera una llama de alta temperatura que se utiliza para fundir el metal base y, si es necesario, el material de aportación utilizado en la soldadura. Una característica destacada de este proceso es que, independientemente de la fuente de calor utilizada, el material de aportación se aplica mediante una varilla.

En cuanto a la protección del baño de fusión, los propios gases de la llama cumplen la función de protección. Sin embargo, en algunas situaciones, puede ser necesario utilizar desoxidantes para garantizar una soldadura de calidad.

Es importante mencionar que, si se emplea acetileno como gas combustible en el proceso, se denomina soldadura oxiacetilénica. Este tipo de soldadura es ampliamente utilizado debido a la alta temperatura alcanzada por la llama, lo que permite trabajar con metales de alta resistencia y espesores considerables.

1.5.3. VENTAJAS Y RIESGOS

Las ventajas más importantes que se dan en esta soldadura son: [4]

- Podemos alcanzar temperaturas muy elevadas en la llama.
- Mejor control sobre la temperatura y la fuente de calor.
- Suelda tanto materiales de tipo ferroso como no ferroso.
- El equipo necesario para soldar es poco voluminoso y con un coste más bien bajo.
- Un tipo de soldadura de ejecución sencilla.
- Usualmente deja un cordón con buen aspecto.

Los riesgos que se pueden dar durante el proceso son:

- Incendio y/o explosión durante los procesos de encendido y apagado, por utilización incorrecta del soplete, montaje incorrecto o estar en mal estado. También se pueden producir por retorno de la llama o por falta de orden o limpieza.
- Exposiciones a radiaciones en las bandas de UV visible e IR del espectro en dosis importantes y con distintas intensidades energéticas, nocivas para los ojos, procedentes del soplete y del metal incandescente del arco de soldadura.
- Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.
- Proyecciones de partículas de piezas trabajadas en diversas partes del cuerpo.
- Exposición a humos y gases de soldadura, por factores de riesgo diversos, generalmente por sistemas de extracción localizada inexistentes o ineficientes. Almacenamiento y manipulación de botellas.
- Incendio y/o explosión por fugas o sobrecalentamientos incontrolados.
- Atrapamientos diversos en manipulación de botellas.

1.5.4. GASES EMPLEADOS

Se utiliza oxígeno como gas comburente en lugar de aire, ya que el uso de aire resultaría en temperaturas significativamente más bajas, aproximadamente de 800 a 1000°C menos que las obtenidas con oxígeno.

En cuanto al gas combustible, se puede utilizar hidrógeno, gas natural, propano u otros gases combustibles. Sin embargo, se prefiere el uso de acetileno debido a que, al combinarlo con oxígeno, se genera una llama de mayor temperatura que proporciona un mayor calor que cualquier otro gas.

| Gas | T° | Calor (MJ/m ² s) | Volumen O ₂ |
|-------------|------|-----------------------------|------------------------|
| Acetileno | 3200 | 140 | 1,3 |
| Propano | 2850 | 60 | 5 |
| Gas natural | 2770 | 50 | 2 |

Tabla 3. Diferencias entre los gases combustibles empleados

Para conseguir una temperatura elevada con cualquier otro gas, sería necesario emplear una llama muy oxidante (con mayor contenido en oxígeno que en combustible) que no es la más adecuada para conseguir soldaduras sanas con la mayoría de los metales.

1.5.5. EQUIPO DE SOLDEO

El equipo de soldeo que se usa en esta soldadura es el siguiente:

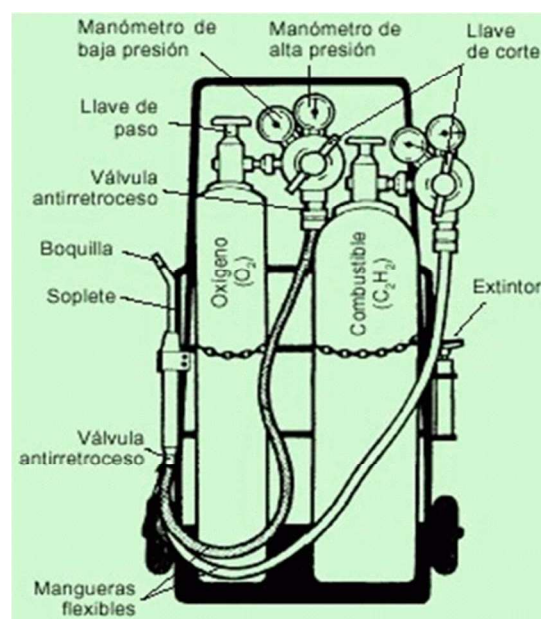


Ilustración 35. Equipo soldadura oxigás

- Botellas: los gases empleados en este procedimiento se almacenan en recipientes cilíndricos o botellas que permiten el transporte y la preservación de los gases comprimidos. Estos recipientes están diseñados para gases específicos y no son intercambiables entre sí.

- Manorreductores: son los encargados de suministrar el gas comprimido de los cilindros o depósitos a la presión o velocidad de trabajo. Los manorreductores cuentan con dos manómetros, uno de ellos indica la presión del cilindro (manómetro de alta presión) y el otro indica la presión de trabajo (manómetro de baja presión).

- Mangueras: son los tubos flexibles de goma por cuyo interior circula el gas, siendo por tanto las encargadas de transportar dicho gas desde los cilindros al soplete. Suelen ser de caucho de buena calidad y deben tener una alta resistencia al corte y la abrasión. Los diámetros interiores son generalmente de 4 a 9 mm para el oxígeno y de 6 a 11 mm para el gas combustible. Para el acetileno será de color rojo y para el oxígeno de color azul.

- Soplete: asegura la correcta mezcla del gas combustible y el comburente, está formado por las válvulas de entrada de gas, la cámara de mezcla y la boquilla.

- Válvula antirretroceso de llama: su función principal es prevenir el propio retroceso de la llama hacia el interior de los cilindros de gas, lo cual podría causar una explosión. Cuenta con tres elementos de seguridad, el sinterizado microporoso (apaga una llama en retroceso), válvula antirretroceso (permite el paso del gas en un solo sentido) y la válvula de corte térmico (se cierra al detectar un incremento de temperatura).

1.5.6. VARILLAS DE APORTACIÓN Y FUNDENTES

Usualmente se emplean varillas de aportación que tienen la misma composición que el material base utilizado. El tamaño de estas varillas suele variar, con diámetros que oscilan entre 1,6 y 6,4 mm, y longitudes que van de 600 a 900 mm.



Ilustración 36. Material de aportación

En el caso del acero al carbono, no es necesario utilizar fundentes, ya que los óxidos formados se funden fácilmente. Sin embargo, al soldar aceros inoxidable y aluminios, es indispensable utilizar fundentes para disolver los óxidos y proteger el metal de soldadura. Es importante destacar que el uso de un fundente no reemplaza la necesidad de una limpieza previa a la soldadura.

Los fundentes se suministran en diferentes formas, como polvo, pasta, solución o recubrimiento de las varillas. Para aplicar el fundente, se calienta el extremo de la varilla y se sumerge en el fundente, y a medida que se suelda, se va introduciendo la varilla en el fundente. También se puede espolvorear el fundente directamente sobre el material base. En el caso de los fundentes en forma de pasta, se aplican con un pincel sobre el metal base.

1.5.7. CARACTERÍSTICAS DE LA LLAMA

La llama está formada por las siguientes zonas:

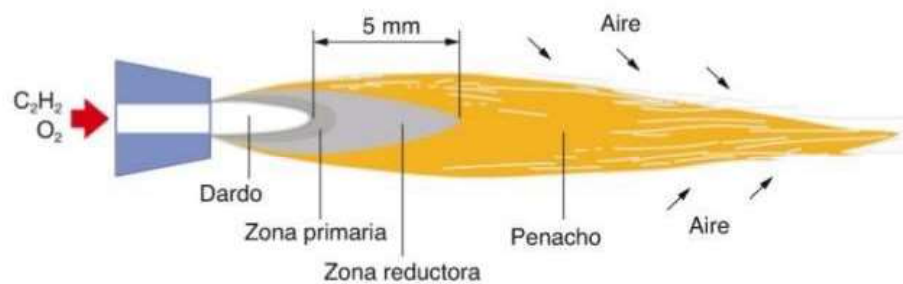


Ilustración 37. Zonas de la llama

- Cono o dardo: es la zona de color blanco deslumbrante y su contorno está claramente delimitado.

- Zona de soldeo: se trata de la zona más importante de la llama, tiene que estar de 2 a 5 mm del cono y es la parte de mayor temperatura donde se realiza el soldeo de la pieza.

- Penacho: zona donde se produce la combustión con el oxígeno del aire o botella, de todos los productos que no se han quemado anteriormente.

En la soldadura oxiacetilénica se pueden dar distintos tipos de llamas:

- Llama de acetileno puro: se usa el acetileno de la botella con el oxígeno del aire. Es caracterizada, por un color que varía entre el amarillo a rojo naranja, en su parte final, y que provoca la aparición de hollín flotando en el aire. Esta llama no tiene ningún tipo de utilidad en la soldadura.
- Llama carburante o reductora: aparece cuando en la mezcla de gases hay un exceso del acetileno respecto al oxígeno. Todo el oxígeno de la botella reacciona con el acetileno, y queda parte de este último sin reaccionar. En esta llama se tiene un penacho intermedio, llamada penacho acetilénico. El exceso de acetileno y los productos de la reacción primaria (H y CO), reaccionarán en el penacho, con el oxígeno de aire.
- Llama neutra: se produce cuando hay una proporción estequiométrica para la reacción primaria, donde todo el acetileno reaccionaría con el oxígeno de la botella para producir hidrógeno y monóxido de carbono. Este tipo de llama se usa para aceros y se acepta su uso para fundiciones y aluminios.
- Llama oxidante: se obtiene cuando en la mezcla de gases hay más oxígeno que acetileno. Todo el combustible reacciona con el oxígeno de la botella y sigue sobrando oxígeno para la reacción secundaria. Dentro de la llama, se ve un dardo azulado y corto, siendo también corto, el penacho.

1.5.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD

La soldadura oxigás es un proceso que requiere precauciones especiales para garantizar la seguridad del operario y evitar posibles accidentes. A continuación, se presentan algunas medidas de seguridad y equipamiento necesarios para realizar la soldadura oxigás de manera segura.

- Equipamiento de protección personal: se debe utilizar equipo de protección personal adecuado, como casco de soldador con filtro de protección para los ojos, guantes de cuero resistentes al calor, mandil de cuero, botas de seguridad y ropa ignífuga. También se recomienda el uso de protectores faciales, delantal de soldador y protectores auriculares.



Ilustración 38. Equipamiento de seguridad

- Ventilación adecuada: es fundamental trabajar en áreas bien ventiladas o utilizar sistemas de extracción de humos para evitar la acumulación de gases y vapores peligrosos.
- Manipulación segura de los cilindros de gas: Los cilindros de oxígeno y gas combustible deben ser transportados, almacenados y utilizados siguiendo las normas de seguridad establecidas. Se deben utilizar carros o dispositivos adecuados para mover los cilindros y asegurarse de que estén bien sujetos durante el trabajo.
- Prevención de incendios: mantener el área de trabajo limpia y libre de materiales inflamables. Tener a mano extintores de incendios adecuados y saber cómo utilizarlos correctamente.

Estas medidas de seguridad y el uso del equipamiento adecuado son fundamentales para minimizar los riesgos asociados a la soldadura oxigás y asegurar un entorno de trabajo seguro.

1.5.9. APLICACIONES

Las principales aplicaciones que tiene la soldadura oxiacetilénica son las siguientes:

- Para pequeñas producciones, pequeños espesores, trabajos en campo, reparaciones de soldeo.
- Soldadura con cambios bruscos de dirección.
- Puede aplicarse en la mayoría de los metales y sus aleaciones, tanto férreas como no férreas, con la excepción de metales refractarios a la llama y los activos.

1.5.10. DEFECTOS TÍPICOS

Una falta de limpieza o la no utilización del fundente adecuado para el metal base se traduce en poros y en inclusión de óxidos.



Ilustración 39. Porosidad

La deformación de las piezas es uno de los problemas más significativos que se generan durante la soldadura oxigás. Esta deformación es más pronunciada en comparación con la mayoría de los otros métodos de soldadura, debido a que el tiempo de calentamiento es más prolongado en este proceso.

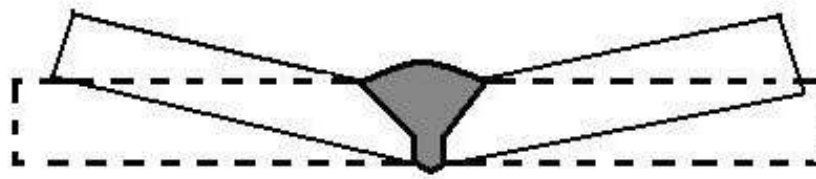


Ilustración 40. Deformación de piezas

Un defecto crítico adicional, que en ocasiones restringe el uso de este método, es la modificación de la composición química debido a la interacción entre la llama y el metal base.

A continuación, se indica una tabla con los distintos defectos que se pueden observar y las causas que lo provocan:

| Defecto | Causas |
|--------------------------------------|---|
| Poros | Selección de la llama inadecuada, llama oxidante favorece la aparición de poros |
| | Falta de limpieza del metal base |
| | La no utilización o utilización del fundente inadecuado para el metal base |
| Falta de fusión o penetración | Velocidad de soldeo excesiva |
| | Separación escasa de la raíz |
| Inclusiones de escoria | Mala limpieza |

Tabla 4. Defectos y sus causas

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. INTRODUCCIÓN

La segunda parte del proyecto implica una explicación detallada del procedimiento utilizado en la creación de los videos de soldadura oxiacetilénica. El proceso comienza con la investigación y selección de diversos programas adecuados para la creación de estos videos. Luego se realiza la elección de los programas específicos a utilizar, proporcionando una justificación adecuada para su selección. Por último, se lleva a cabo el desarrollo de las virtualizaciones en los programas seleccionados, siguiendo el procedimiento establecido.

2.2. SOFTWARES DISPONIBLES

2.2.1. SOFTWARES PARA LA CREACIÓN DE OBJETOS

Para llevar a cabo este proyecto, ha sido necesario crear diversos objetos que permitan visualizar las diferentes partes del equipo de soldadura por arco - plasma. Entre los programas más reconocidos para este propósito se encuentran SolidWorks, SolidEdge, Catia o Autodesk Inventor.

- SolidWorks: “SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.”[5]



Ilustración 41. Logo SolidWorks

- SolidEdge: “Es un programa parametrizado de diseño asistido por computadora (CAD) de piezas tridimensionales 3d. Permite el modelado de piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje de conjuntos, soldadura, funciones de dibujo en plano para ingenieros, diseñadores y proyectistas. SolidEdge es un programa propiedad y desarrollado por SIEMENS, aunque SIEMENS no realiza la venta directa sino a través de un distribuidor autorizado que se encarga del asesoramiento, implantación y formación.”[6]



Ilustración 42. Logo SolidEdge

- Catia: “El software CATIA (*Computer-Aided Three dimensional Interactive Application*) es una solución multiplataforma completa para el diseño asistido por ordenador, la fabricación, la ingeniería, 3D y PLM. Comercializado por el fabricante Dassault Systèmes, el programa informático es ideal para crear sólidos, superficies, ensamblajes, dibujos, manufactura y análisis.”[7]



Ilustración 43. Logo Catia

- Autodesk Inventor: “Autodesk Inventor es uno de los programas de diseño CAD mecánico 3D más utilizados en el mundo para crear prototipos digitales 3D utilizados en el diseño, la visualización y la simulación de productos para el diseño mecánico. Utiliza técnicas de modelado sólido paramétrico, lo que lo hace muy adecuado para el proceso de diseño de mecanismos de ingeniería, como el diseño de tubos y tuberías, y formas exteriores geométricas. Lo que permite cambios rápidos y la adaptación de las características geométricas del diseño del producto a través de un flujo de trabajo muy intuitivo.”[8]



Ilustración 44. Logo Autodesk Inventor

2.2.2. SOFTWARES PARA LA ANIMACIÓN 3D

Para la creación de animaciones en nuestras virtualizaciones, hemos utilizado un software especializado en esta área. Entre los programas más destacados se encuentran Autodesk 3ds Max, SolidWorks y Blender.

- Autodesk 3DS Max: “3DS Max es un software de modelado, renderización y animación 3D con el que crear modelos 3D, animaciones e imágenes digitales en diseños de gran calidad. Es uno de los programas más populares en la industria y es bien conocido por tener un sólido conjunto de herramientas para los artistas 3D.

Es sin duda el favorito entre los desarrolladores de juegos, los estudios de anuncios de televisión y los que hacen uso de programas de arquitectura. 3DS Max es propiedad de Autodesk, la misma empresa responsable de programas como AutoCAD y Maya.”[9]



Ilustración 45. Logo Autodesk 3DS Max

- SolidWorks: Es el software mencionado anteriormente, se utiliza para realizar la animación mediante su función de análisis de movimiento incorporada.
- Blender: “Blender es una herramienta donde se puede utilizar en varias plataformas. Este programa va orientado a usuarios artistas y profesionales del diseño y multimedia. Blender, nos permite crear modelados en 3D o vídeos de alta calidad.

A diferencia de otros programas, Blender es un programa gratuito al que cualquier usuario puede acceder. Además de ser gratuito, es de código abierto, es decir que la colaboración del programa es completamente abierta para poder conseguir más beneficios en la herramienta de modelado 3D.

En el software no solamente podemos crear videos de alta calidad o modelados 3D, sino que también contamos con pintura, escultura y composición digital. También podemos encontrar dentro de la herramienta un motor interno de videojuegos, por lo que se pueden crear por medio de este software.”[10]



Ilustración 46. Logo Blender

2.2.3. SOFTWARES PARA LA CREACIÓN DE IMÁGENES

Para el segundo vídeo nos hará falta crear imágenes ficticias. Entre los softwares más conocidos para ilustrar imágenes son Sketchbook, Procreate y Adobe Illustrator.

- Sketchbook: “Sketchbook va donde tu creatividad te lleve, desde bocetos rápidos hasta obras de arte que están totalmente terminadas. Sketchbook es una aplicación galardonada creada para que todas las personas a las que les encanta dibujar puedan pintar, hacer bocetos y dibujar. Los artistas e ilustradores adoran Sketchbook por su conjunto de funciones profesionales y sus herramientas altamente personalizables. A todo el mundo le gusta Sketchbook por su interfaz elegante y su experiencia de dibujo natural, sin distracciones, para que puedas centrarte en capturar y expresar tus ideas.”[11]



Ilustración47. Logo Sketchbook

- Procreate: “Procreate es un software de diseño gráfico que proporciona a los profesionales creativos herramientas para diseñar bocetos digitales, pinturas e ilustraciones en una plataforma centralizada. Los artistas pueden crear nuevos pinceles o utilizar la biblioteca incorporada de pinceles para personalizar las texturas, la compresión y los efectos de acuerdo con los requisitos.”[12]



Ilustración 48. Logo Procreate

- Adobe Illustrator: “Illustrator es la aplicación de diseño vectorial de referencia. En particular, te permite: Crear logotipos, tipografía, ilustraciones, elementos gráficos, iconos, banners y mucho más con líneas extremadamente nítidas. Crear diseños gráficos en formato grande sin pixelado.”[13]



Ilustración 49. Logo Adobe Illustrator

2.2.4. SOFTWARES PARA LA GRABACIÓN DE PANTALLA

Para grabar la explicación de las distintas virtualizaciones, es necesario el uso de un programa para grabar la pantalla, de modo que se grabe, tanto el audio como la pantalla. Entre los programas más conocidos tenemos OBS Studio o Camtasia.

- OBS Studio: “OBS Studio o Open Broadcaster Software es un programa de grabación de vídeo que te permite hacer tutoriales, grabar la pantalla de tu PC, realizar webinars, directos, y muchas cosas más que vamos a ver a lo largo de este artículo.”[14]

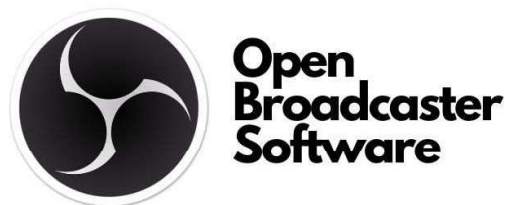


Ilustración 50. Logo OBS Studio

- Camtasia: “Camtasia Studio, es un software que permite grabar todas las actividades que se realizan en el computador, pudiendo crear así vídeos o tutoriales para compartir y aplicar en las diferentes actividades académicas o laborales, entre otras.”[15]



Ilustración 51. Logo Camtasia

2.2.5. SOFTWARES PARA LA EDICIÓN DE VÍDEO

En la realización del montaje de los videos, se ha utilizado un software de edición de video para aplicar efectos de sonido y video. Entre los más utilizados se encuentran Sony Vegas Pro, Adobe Premiere Pro y Online Video Cutter.

- Sony Vegas Pro: “Sony Vegas Pro es un programa de edición de vídeo destinado a profesionales que necesiten elaborar vídeos HD de alta calidad. Esta versión profesional incluye algunas opciones que no existen en otras versiones, como el soporte de imágenes de gigapíxeles, archivos de varias capas de Adobe Photoshop y un amplio soporte de tarjetas de captura.”[16]



Ilustración 52. Logo Sony Vegas Pro

- Adobe Premiere Pro: “Adobe Premiere Pro (Pr) es un programa de edición de videos para todo público, desde aficionados hasta editores profesionales. Premiere tiene las funciones necesarias para crear y editar cualquier video desde clips para redes sociales, anuncios comerciales, videoclips y películas. Además, incluye las herramientas para agregar efectos, transiciones, mezcla de audio, gráficos en movimiento, exportar a distintos formatos y mucho más.”[17]



Ilustración 53. Logo Adobe Premiere Pro

- Online Video Cutter: es una aplicación web gratuita que proporciona la funcionalidad de cortar vídeos, fusionarlos, agregar imágenes y modificar la relación de aspecto, entre otras opciones.

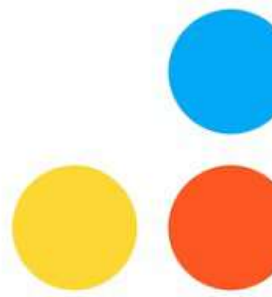


Ilustración 54. Logo Online Video Cutter

2.2.6. SOFTWARES PARA LA MEJORA DE AUDIO

Para mejorar el audio del micrófono, existe un programa, llamado Adobe Podcast-Enhanced Speech.

- Adobe Podcast: “Enhance speech es una herramienta de Adobe Podcast que con inteligencia artificial puede eliminar el ruido de fondo de un audio, agudizar las frecuencias de voces y mejorar la nitidez del sonido. Con ello, se consigue una calidad de audio profesional como si se hubiese utilizado un micrófono profesional.”[18]

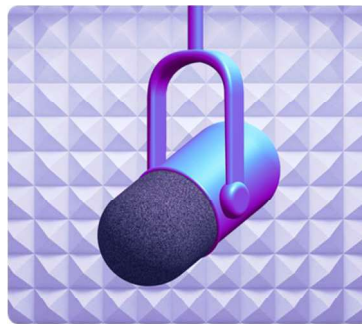


Ilustración 55. Logo Adobe Podcast

2.3. JUSTIFICACIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO

Durante la virtualización del proyecto, se utilizaron cinco programas diferentes: SolidWorks, Sketchbook, OBS Studio, Online Video Cutter y Adobe Podcast.

En cuanto a la creación de objetos, se optó por SolidWorks debido a la familiaridad y destreza en su uso, ya que se ha estudiado en varias asignaturas del grado.

Algunas de las ventajas destacadas que se encontraron en este software incluyen:

- Manejo sencillo y intuitivo.
- Amplias funcionalidades de modelado.
- Modelado se asemeja al producto real.
- Licencia gratis con la universidad .
- Amplio catálogo de videos de docencia en internet, con los que se facilita el aprendizaje.

Otra de las grandes ventajas y por la que he escogido este software, es porque es el software que he tomado para realizar el estudio de movimiento.

Para la creación de imágenes, se ha escogido Sketchbook. Se ha elegido esta aplicación, porque es gratuita, y las demás opciones no. Además, permite diseñar con distintas capas, y con gran facilidad con mi Ipad personal y el Apple Pencil.

Algunas de las características de esta app son:

- Interfaz intuitiva.
- Amplia gama de herramientas.
- Gran catálogo de pinceles.
- Capas y modos de fusión.
- Exportación de archivos en PNG.

Para la grabación de pantalla, se ha elegido OBS Studio, porque lo había usado antes y lo tenía configurado para mi gráfica y pantalla, que es lo que usualmente suele dar problemas a la hora de configurar este tipo de programas.

Las ventajas de emplear este software son:

- Gratuito.

- Amplia compatibilidad.
- Baja demanda de recursos.
- Personalización y configuración flexibles.

Para la edición de vídeos, se ha elegido Online Video Cutter, ya que es gratuito y los otros no. Además, como es un programa online no es necesario descargar nada, y para combinar vídeos y separa audios, que es lo que se quiere hacer no es necesario un software de mayor calibre.

Las ventajas de usar este programa son:

- Acceso y uso en línea.
- Gratuito.
- Funciones básicas de edición.
- Interfaz sencilla y fácil de usar.

Por último, para mejorar el audio de mi micrófono se ha usado una inteligencia artificial que acaba de salir, llamada Adobe Podcast-Enhanced Speech.

Algunas de las ventajas son:

- Calidad de audio profesional.
- Gratuita.
- Interfaz intuitiva y fácil de usar.
- Compatibilidad de múltiples formatos

Estas diversas formas de inteligencia artificial han sido útiles para mejorar la calidad de los vídeos, ya sea mejorando el sonido, editando fotos o incrementando la resolución de los vídeos más allá de lo conseguido inicialmente. Además de "Adobe Podcast", se han utilizado otras herramientas que también han sido de gran ayuda al momento de tener dudas al modelar las diferentes partes.

2.4. PROCEDIMIENTO

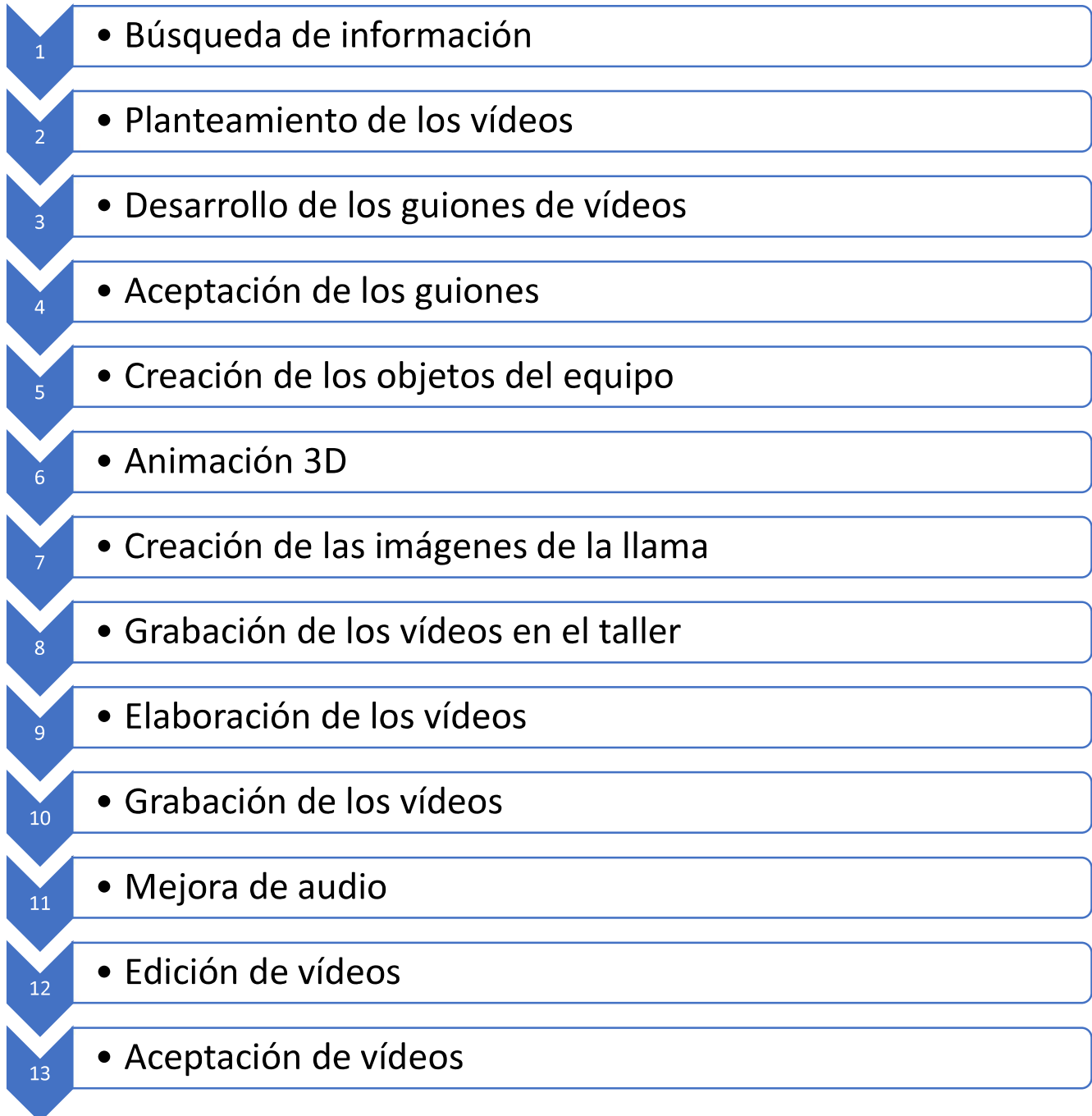
Como se mencionó anteriormente, el objetivo es crear varios videos explicativos sobre la soldadura oxiacetilénica. En este caso, se producirán tres videos.

El primero de ellos se centrará en el equipo utilizado en esta soldadura, y se utilizará Solidworks para crear una animación, que muestre cada uno de los elementos del equipo.

En el segundo vídeo se presentarán las diferentes llamas que pueden generarse en esta soldadura, utilizando Sketchbook como se mencionó anteriormente. En cada llama se exhibirán las distintas reacciones que ocurren en cada una de ellas.

Por último, el tercer vídeo proporcionará una guía paso a paso del proceso de soldadura, utilizando una combinación de imágenes tomadas en el taller y animaciones realizadas con Solidworks.

Antes de comenzar con la explicación de cómo se han creado los distintos vídeos, se va a mostrar los distintos pasos que se ha seguido:



Gráfica 1. Pasos a seguir para la realización de las virtualizaciones

2.4.1. CREACIÓN DE OBJETOS CON SOLIDWORKS

Se ha empleado el software SolidWorks para llevar a cabo la elaboración de las distintas virtualizaciones. La formación de los objetos se divide en dos etapas: en primer lugar, se diseña y modela cada pieza de forma individual, y luego se ensamblan estas piezas para crear los diversos componentes del equipo de soldadura oxiacetilénica.

A continuación, se presentará el proceso de ejecución de cada una de las piezas de forma individual, seguido de su posterior ensamblaje para unir las.

- Botella de oxígeno

Para comenzar, abrimos el programa, y escogemos entre las distintas opciones, la opción de pieza:

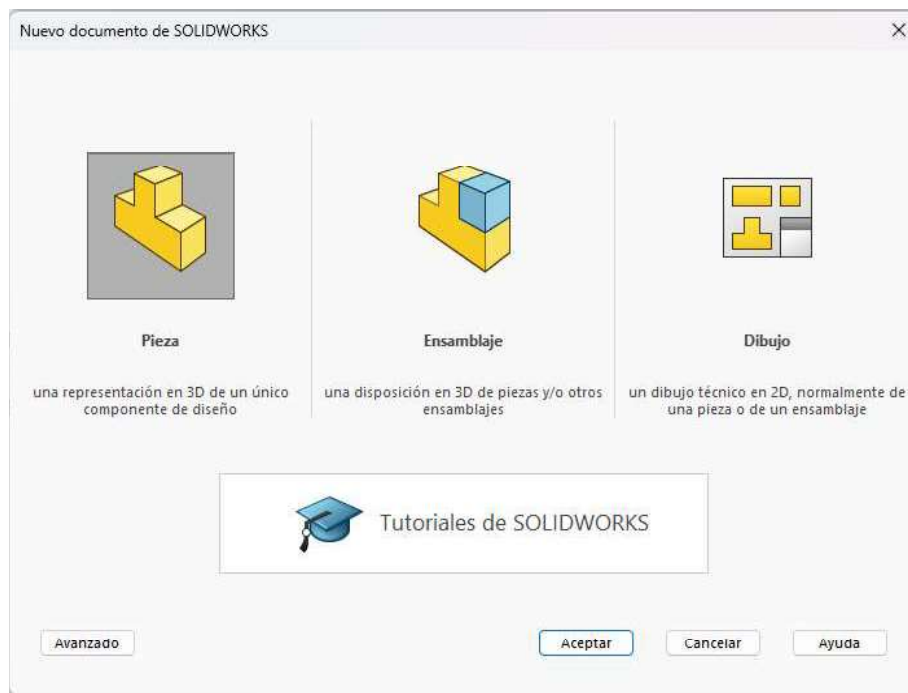


Ilustración 56. Menú principal de SolidWorks

A continuación, se muestra la interfaz principal de SolidWorks, donde se pueden identificar varios menús, como operaciones, croquis, calcular, entre otros. Cada menú contiene una variedad de opciones que permiten realizar distintas operaciones.

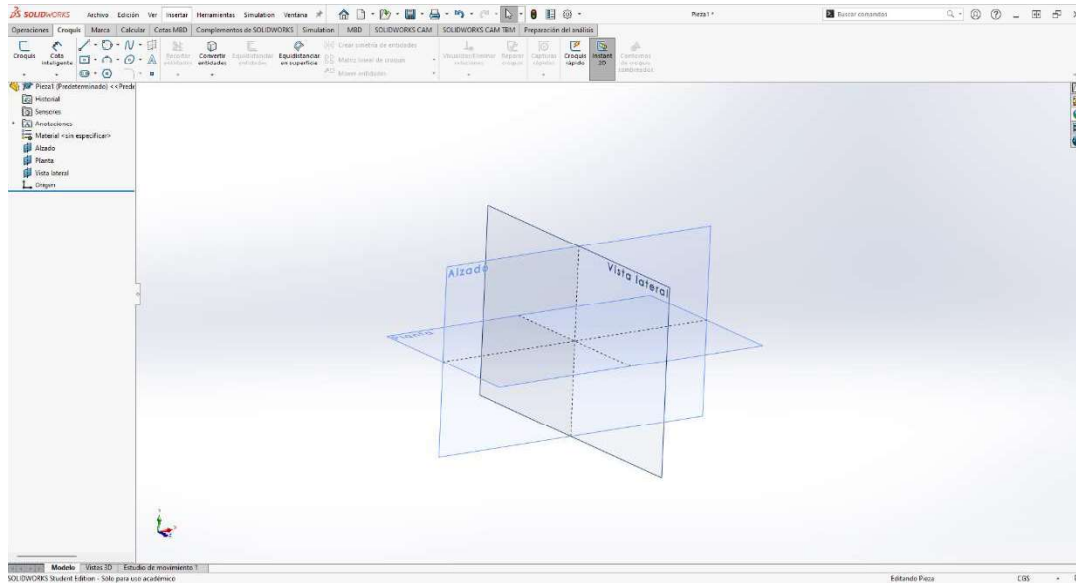


Ilustración 58. Interfaz de SolidWorks

Luego, se procede a crear un croquis de la pieza seleccionando el plano deseado y accediendo al menú "Croquis".

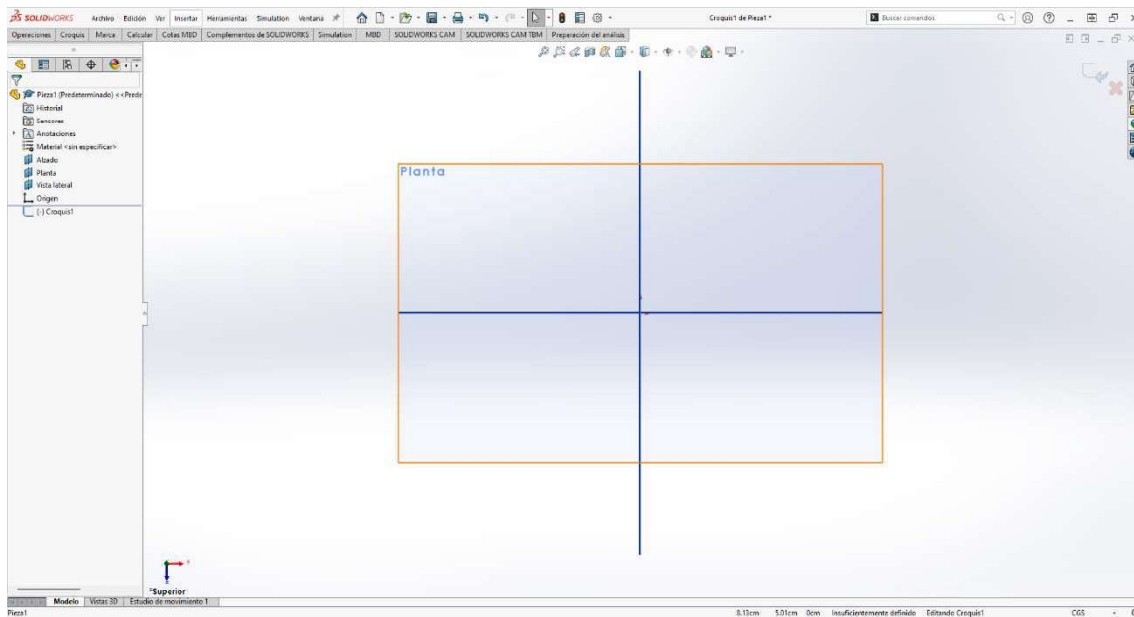


Ilustración 57. Interfaz para proceder a hacer el croquis

En esta pantalla, es posible llevar a cabo el croquis utilizando todas las herramientas de dibujo disponibles, como círculos, líneas, rectángulos, entre otros. Las dimensiones se pueden introducir de manera numérica mediante la opción de cota inteligente.

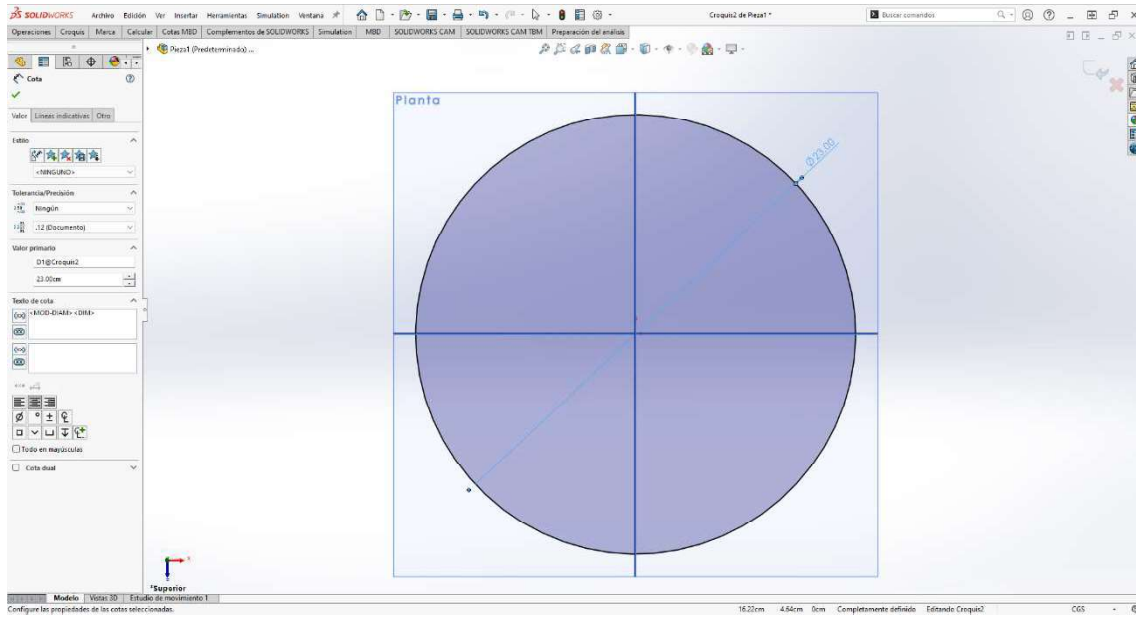


Ilustración 59. Realización de croquis

Al hacer esto, extruimos para conseguir un cilindro.

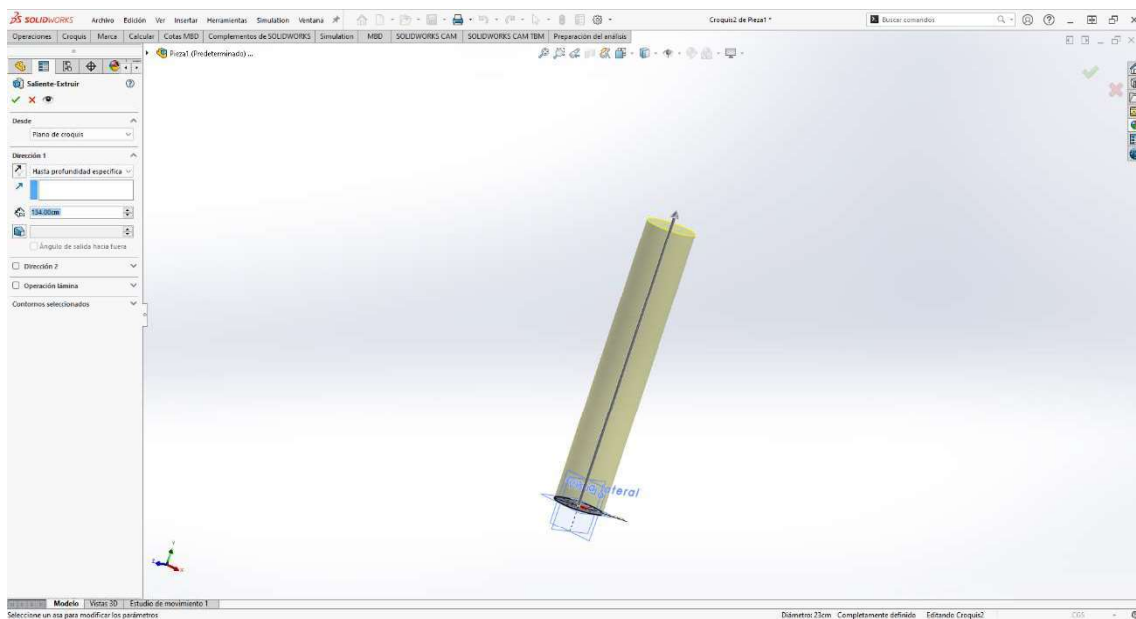


Ilustración 60. Extrusión de la pieza

Para realizar la cabeza redondeada de la botella de oxígeno hacemos un corte revolución:

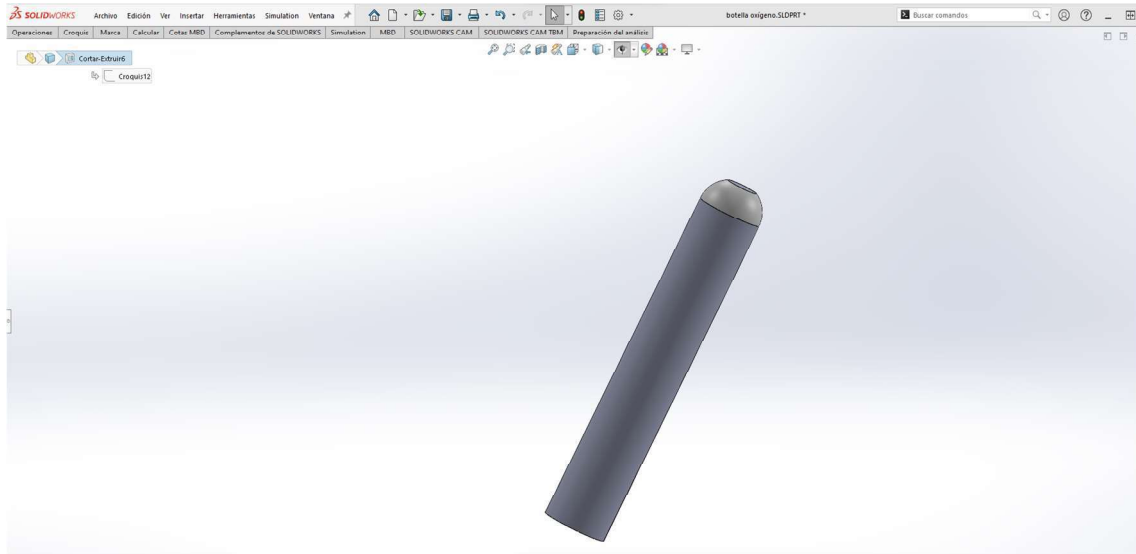


Ilustración 61. Corte - revolución

Tras realizar más extrusiones y cortes, hemos obtenido la siguiente pieza:

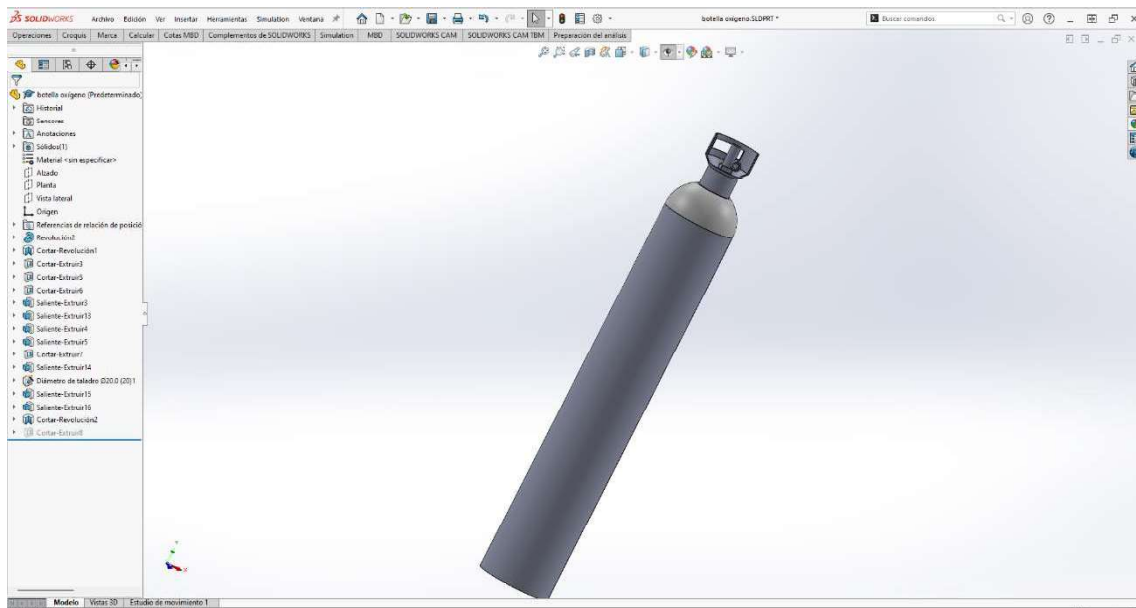


Ilustración 62. Modelado botella de oxígeno

El siguiente paso, sería añadirle el color correspondiente (blanco en la ojiva y negro en lo demás):

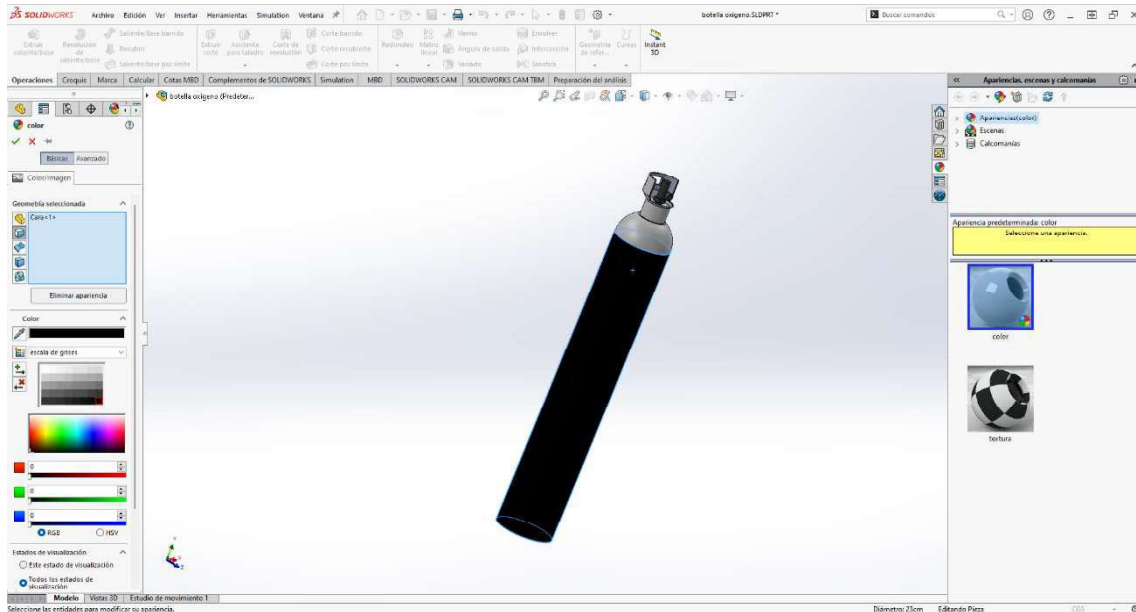


Ilustración 63. Colores botella de oxígeno

Por último, se tiene que añadir la etiqueta de la botella de oxígeno:

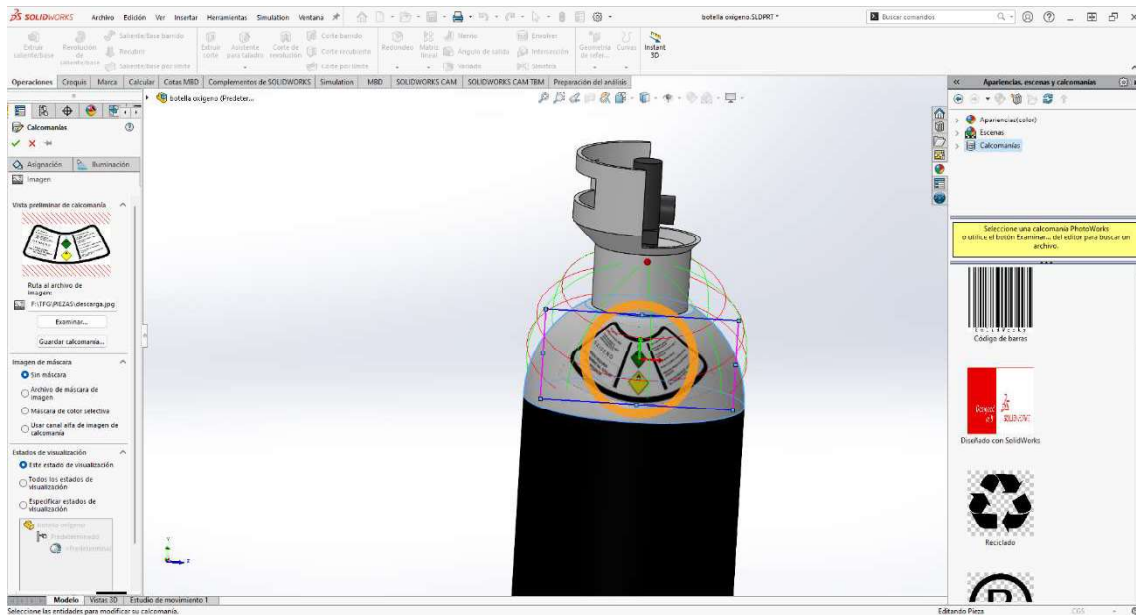


Ilustración 64. Etiqueta para la botella de oxígeno

Una vez hecha la botella de oxígeno, realizamos la botella de acetileno con los mismos procedimientos que se han aplicado anteriormente. El único cambio sería que la botella de acetileno es más pequeña, y que el color es marrón teja en su totalidad.

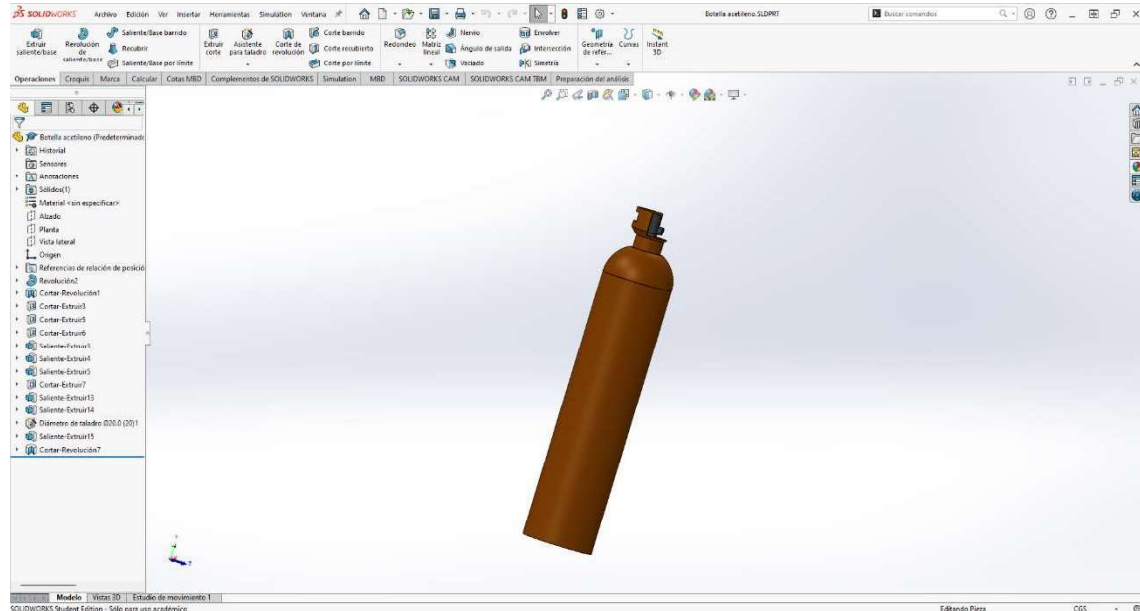


Ilustración 65. Botella de acetileno

Lo que quedaría por añadir sería la etiqueta correspondiente al acetileno:

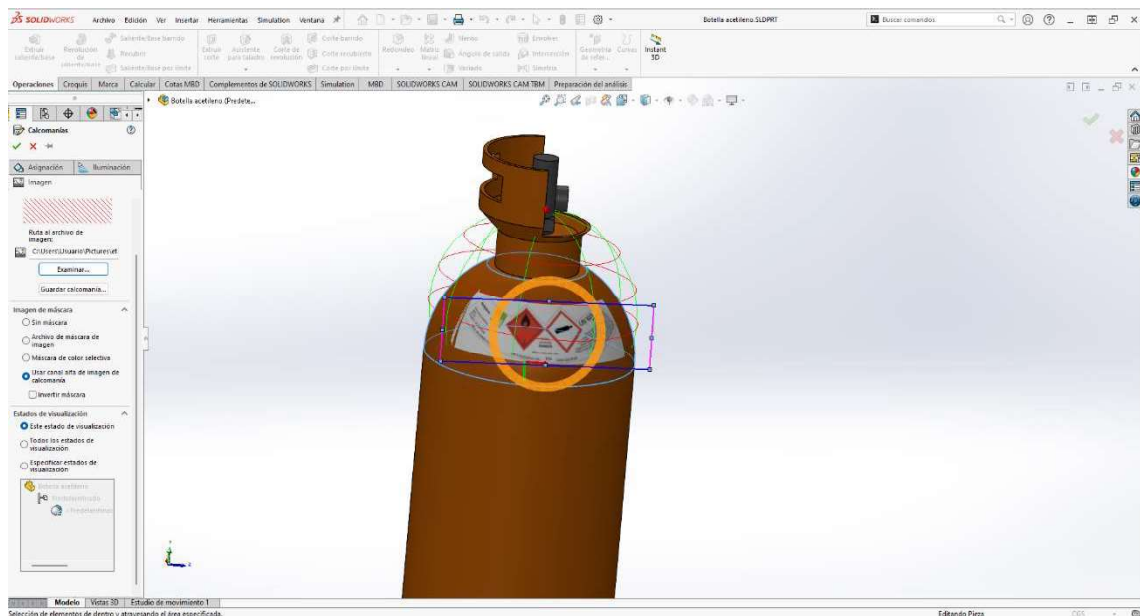


Ilustración 66. Etiqueta botella acetileno

Una vez hechas las dos botellas pasamos a hacer el tornillo de regulación de las dos botellas:

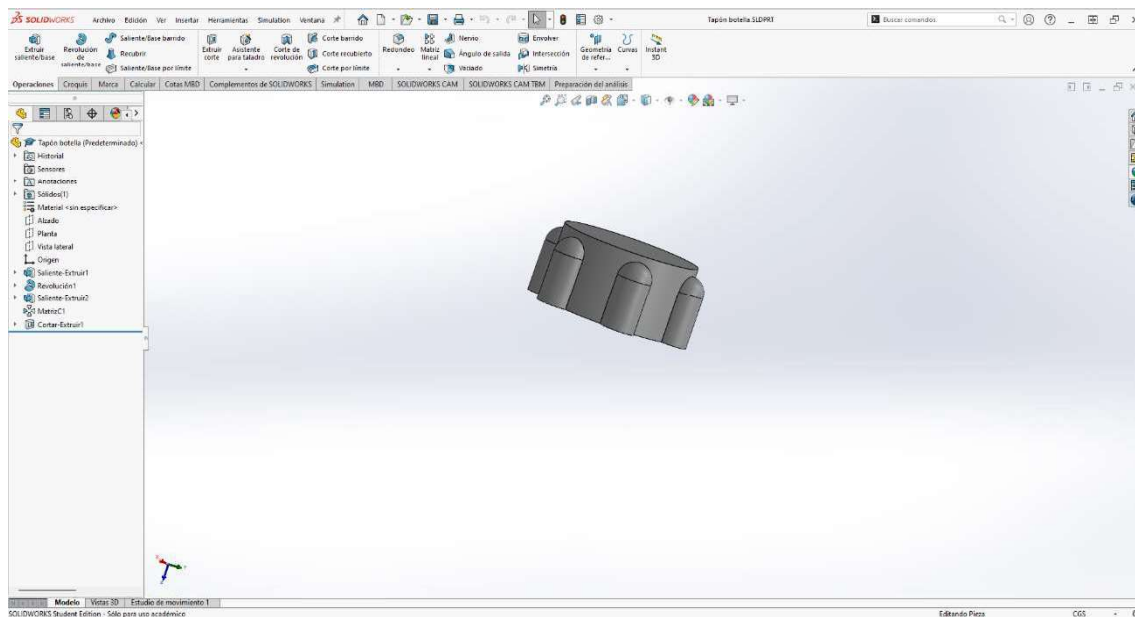


Ilustración 67. Tapón de las botellas

Luego en el ensamblaje final, se la añadiremos a las dos botellas, mediante una relación de posición.

El siguiente elemento en ser modelado, va a ser el manorreductor, que va a ser el mismo para las dos botellas, solo van a cambiar los manómetros. Tras realizar las distintas operaciones que hemos aplicado anteriormente, se ha obtenido:

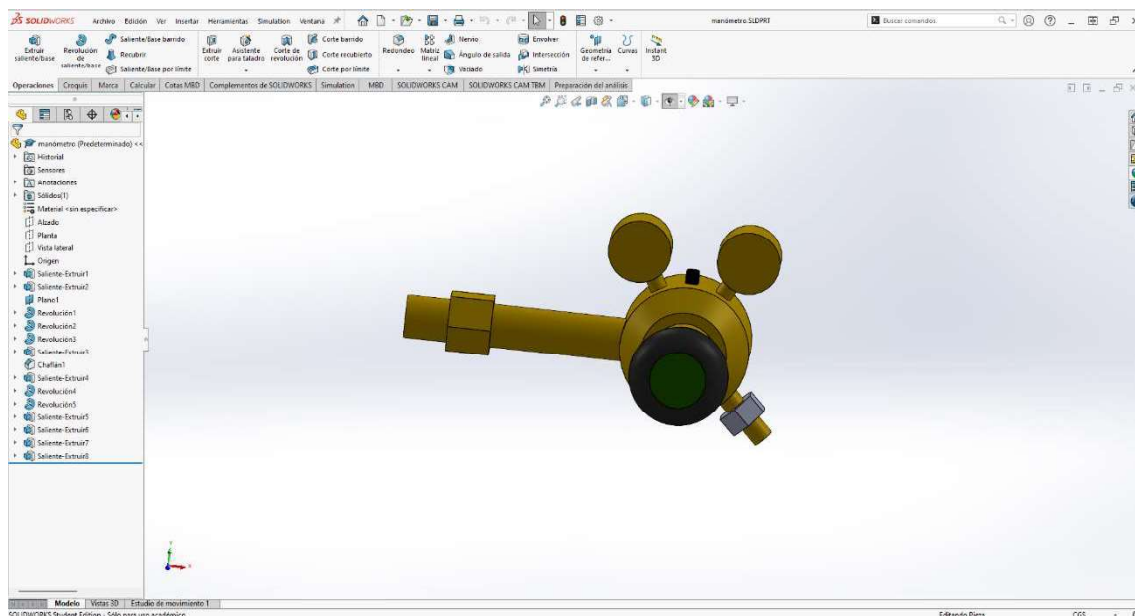


Ilustración 68. Modelado del manorreductor

Lo que le faltaría a los manorreductores, son las imágenes de los manómetros. Por lo que, aplicamos el mismo procedimiento que para las etiquetas de las botellas:

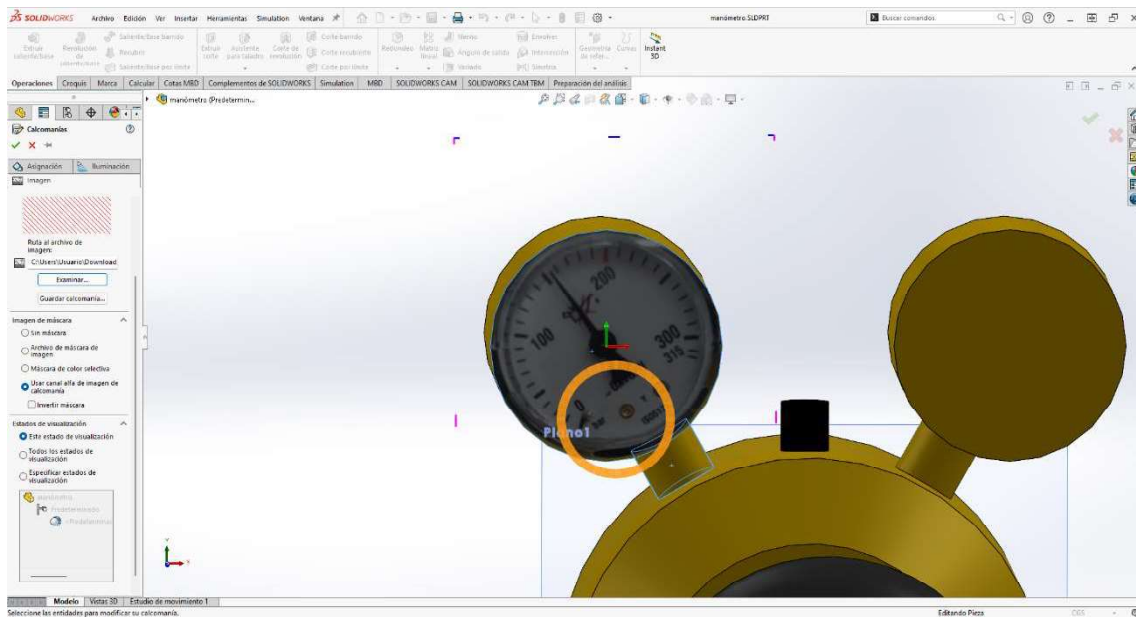


Ilustración 69. Manómetro de oxígeno

Repetimos este procedimiento en los otros manómetros, y obtenemos:

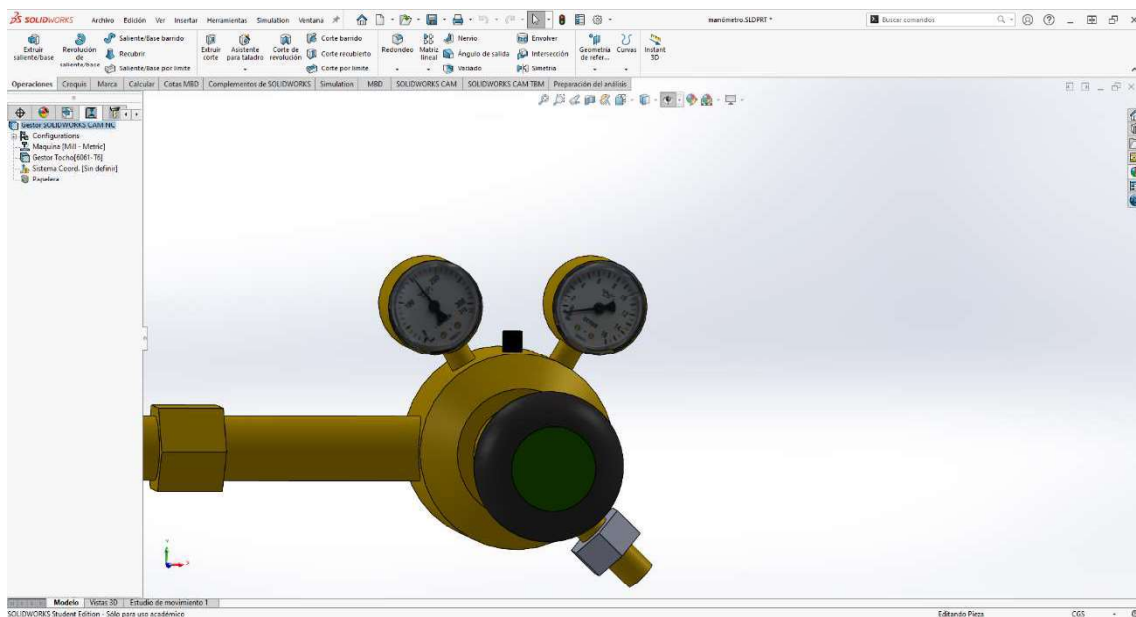


Ilustración 70. Manómetro de alta y de baja de oxígeno

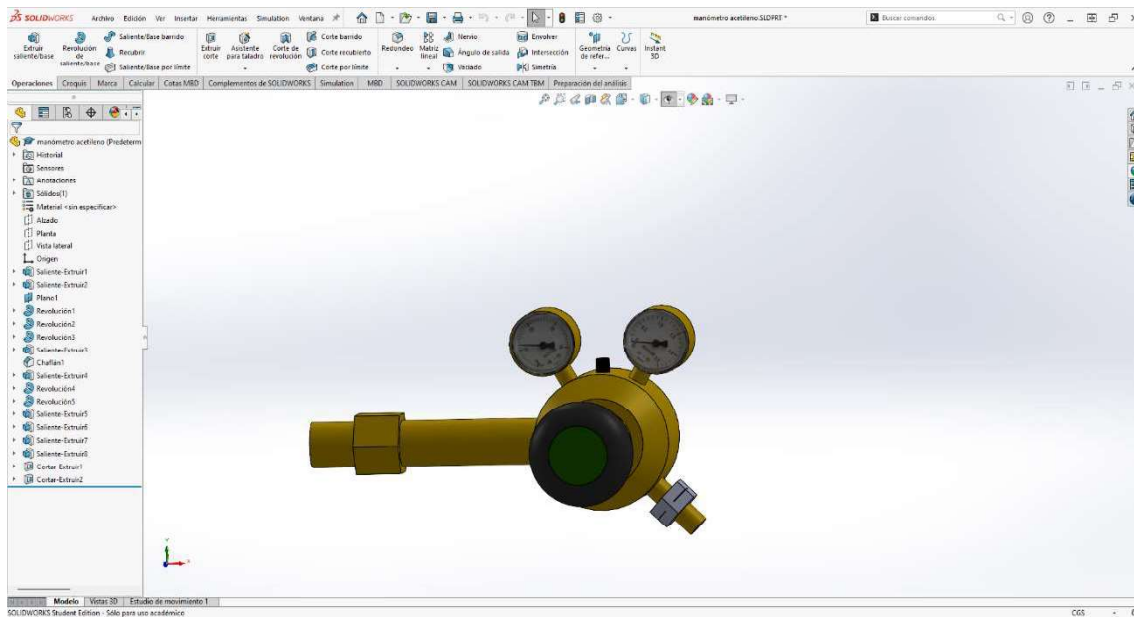


Ilustración 71. Manómetro de alta y baja de acetileno

Podemos notar también que el tornillo del acetileno presenta una indicación clara de que es de rosca izquierda.

En la imagen siguiente, se puede apreciar tanto el soplete como la válvula antirretroceso, los cuales presentan colores distintivos que indican claramente la dirección del flujo de oxígeno y acetileno.

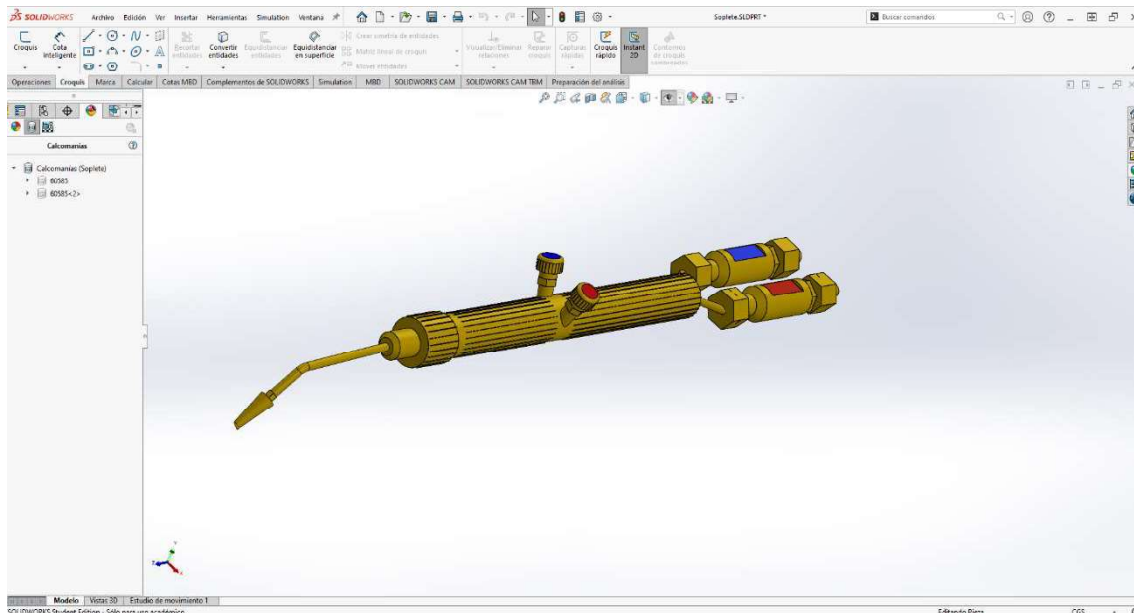


Ilustración 72. Soplete y válvula antirretroceso

Los cilindros se llevan en un carrito, como el que se muestra a continuación, pero no se mostrará en el ensamblaje final debido a que los cilindros estarían demasiado cerca y dificultarían una buena apreciación visual.

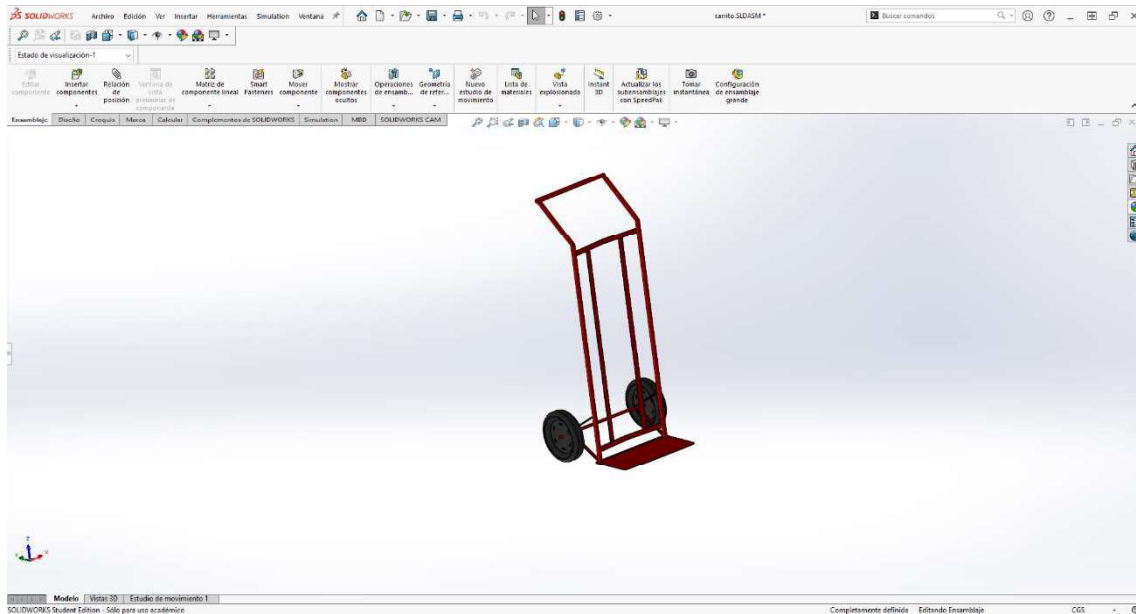


Ilustración 73. Carricho de botellas

El área designada para realizar la soldadura es la siguiente, que corresponde a una parrilla donde se ubicarán las piezas que serán unidas mediante soldadura.

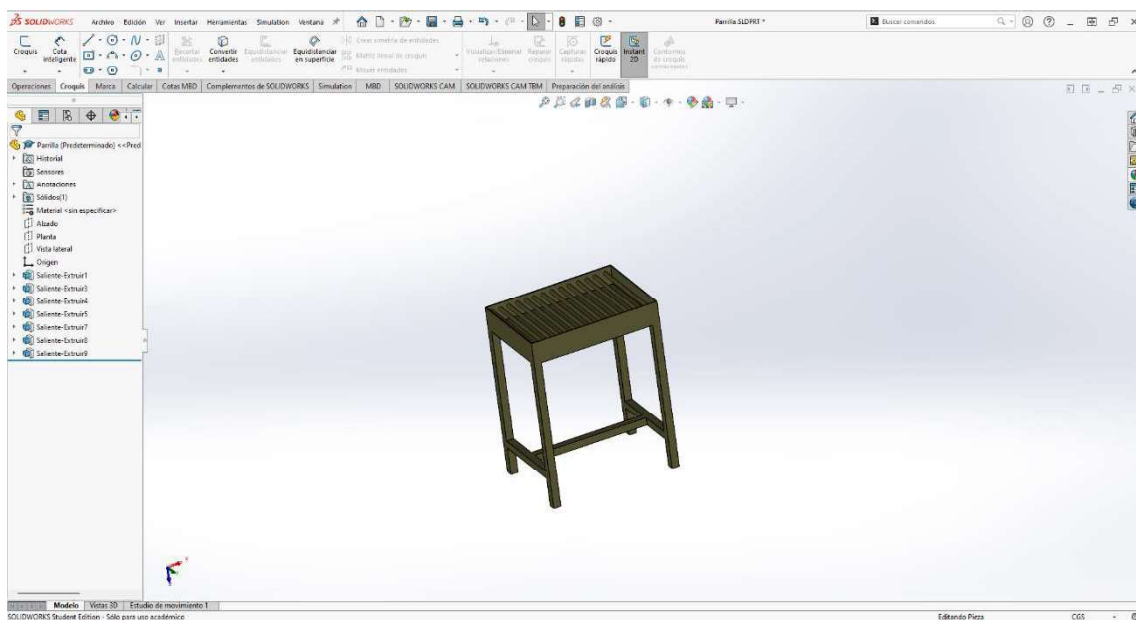


Ilustración 74. Parrilla de soldeo

Finalmente, se presentará la sala donde se llevará a cabo la soldadura. En este caso, se ha optado por utilizar un suelo con efecto de madera, aunque en realidad será un revestimiento, ya que no se recomienda soldar sobre un suelo de madera.

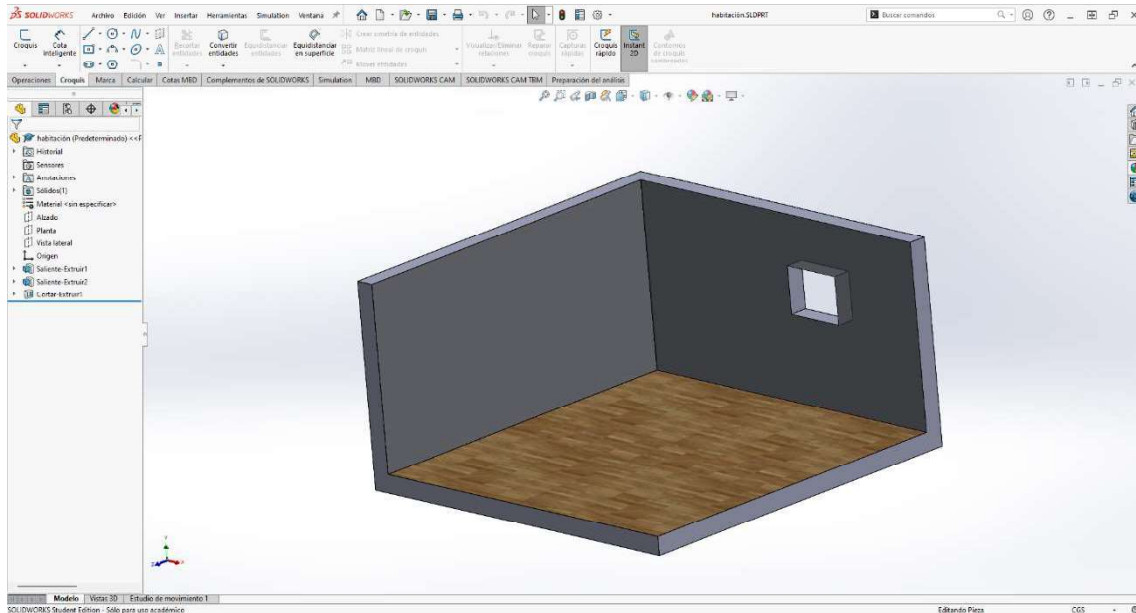


Ilustración 75. Habitación de soldeo

En la imagen siguiente, se mostrará la aplicación de una relación de posición en la que el cilindro de oxígeno se ha dispuesto de manera perpendicular al suelo y coincidentes con el mismo, de la siguiente forma:

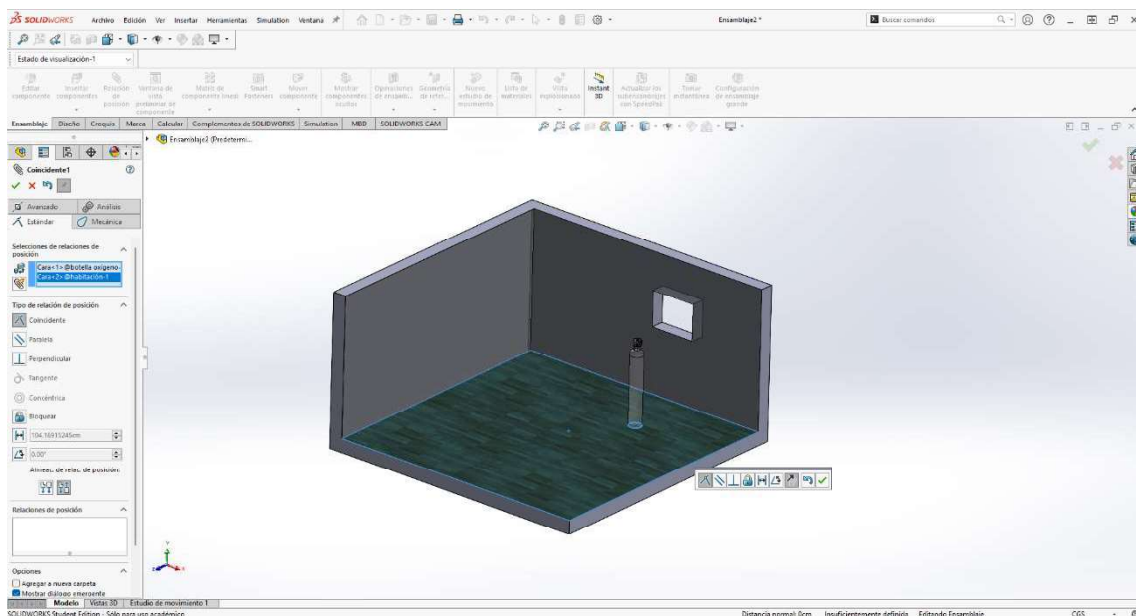


Ilustración 76. Relación de posición del cilindro con el suelo

Aplicamos el mismo procedimiento, con los demás elementos mostrados anteriormente. Las dos mangueras se han hecho mediante un barrido de un spline desde el manómetro a la válvula de retroceso.

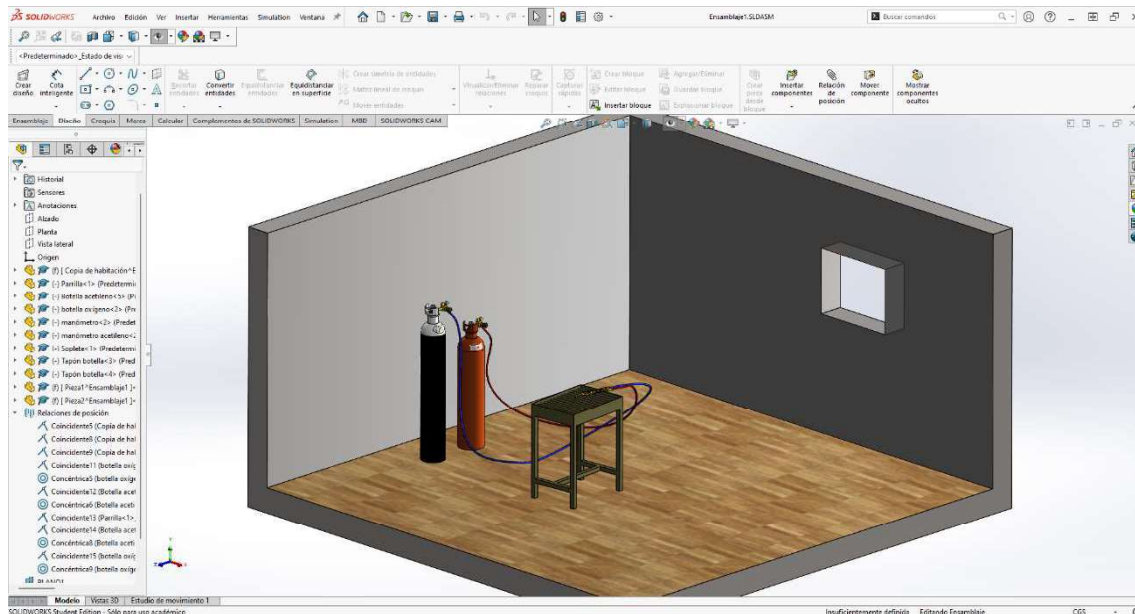


Ilustración 77. Ensamblaje final

2.4.2. ANIMACIÓN CON SOLIDWORKS

Para realizar la animación, se va a emplear de nuevo el programa SolidWorks. Lo que se va a hacer, es un estudio de movimiento, en el cual, lo que se pretende es ver cada parte del equipo mientras se explica cada uno de ellos.

Se van a realizar varias animaciones, ya que una será para el primer vídeo donde se mostrará el equipo, y otras serán para el vídeo 3, donde se podrá ver los pasos a seguir.

ANIMACIÓN VÍDEO 1

Para comenzar, se accederá a la pestaña de estudio de movimiento ubicada en la esquina inferior izquierda del programa. A continuación, se generará un croquis con la línea que definirá la trayectoria de la cámara para observar cada punto del equipo.

En la siguiente imagen, se muestra la línea creada, la cual parte desde el punto más distante del equipo, capturando una vista completa del mismo. Luego, se enfocará en la botella de oxígeno, continuando por el manorreductor, y finalmente, se dirigirá hacia la válvula antirretroceso y el soplete.

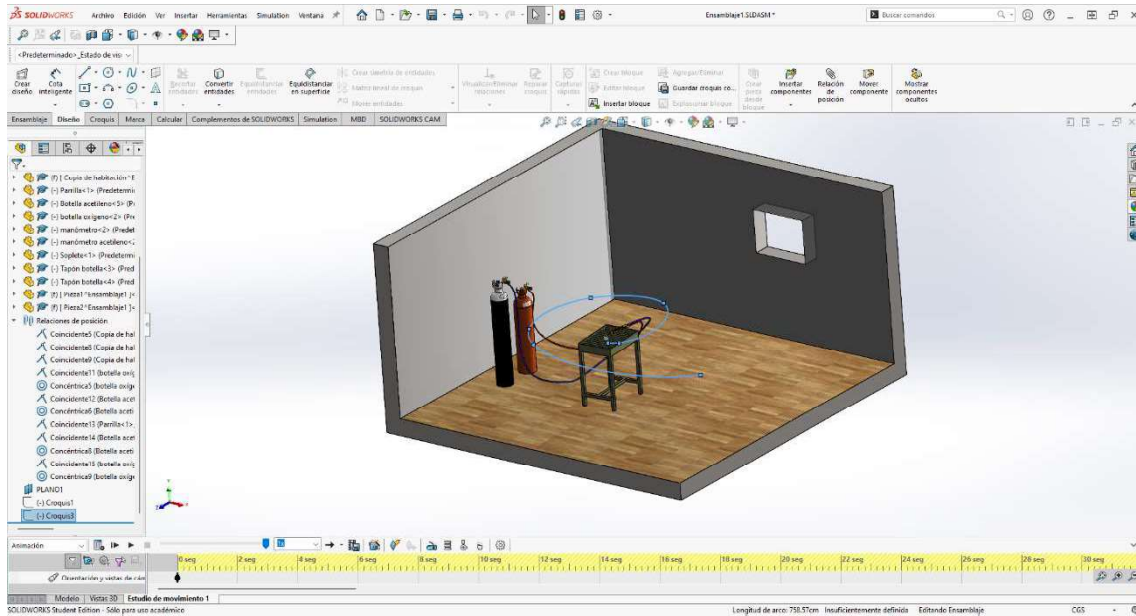


Ilustración 79. Trayectoria de la animación del vídeo 1

Una vez hecho el croquis, agregamos una cámara cuyas propiedades tomadas son las siguientes:

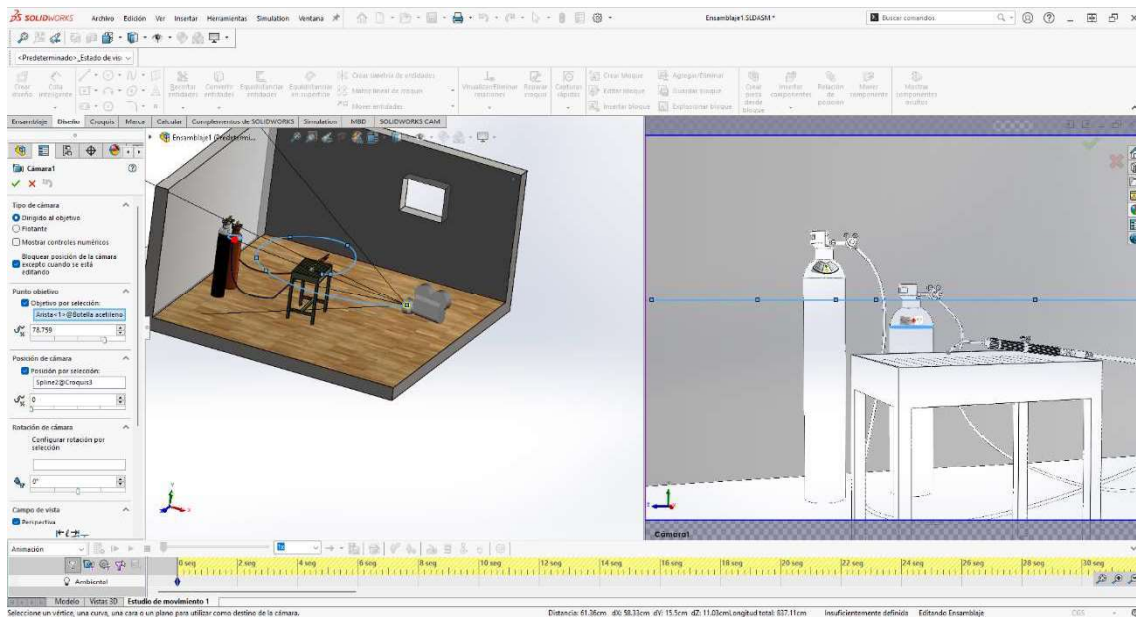


Ilustración 78. Propiedades de la cámara

Como se puede observar, se ha tomado como objetivo, el punto medio las botellas, y la posición ha sido el punto inicial del spline, para que de esta forma se vea el equipo completo.

Después de aprender cómo configurar una cámara, se han incorporado varias cámaras adicionales según lo que se desee mostrar. En total, se han agregado 7 cámaras, que se enfocan en lo que se quiere explicar en cada momento. El tiempo entre una cámara y otra, ha sido determinado por el tiempo dedicado a la explicación de cada componente. El orden de explicación que se ha seguido es el siguiente:

1. Equipo de soldadura.
2. Botella de oxígeno y acetileno.
3. Manorreductores.
4. Manguera y válvula antirretroceso.
5. Soplete.

El recorrido temporal que ha seguido la cámara es el siguiente:

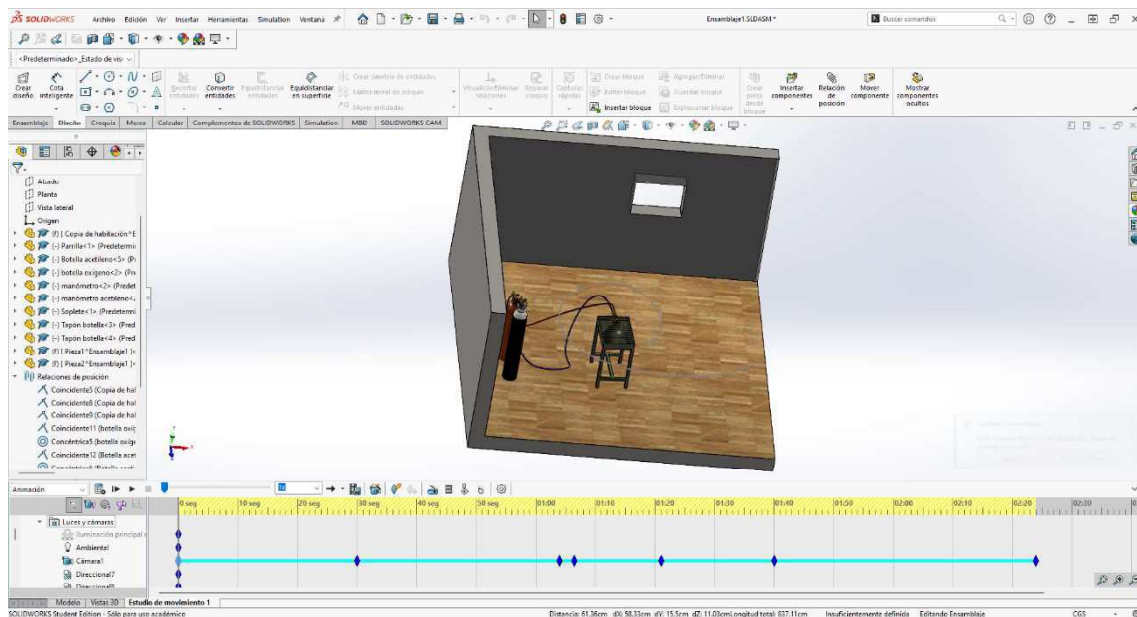


Ilustración 80. Línea temporal de la cámara del vídeo 1

El tiempo total ha sido de 2:24 minutos.

ANIMACIÓN VÍDEO 3

Para el vídeo 3, se han hecho dos animaciones. Una de ellas es para el caso del retorno de llama, y otra para el cierre de botellas y manorreductores.

En la primera animación, la trayectoria ha sido la siguiente:

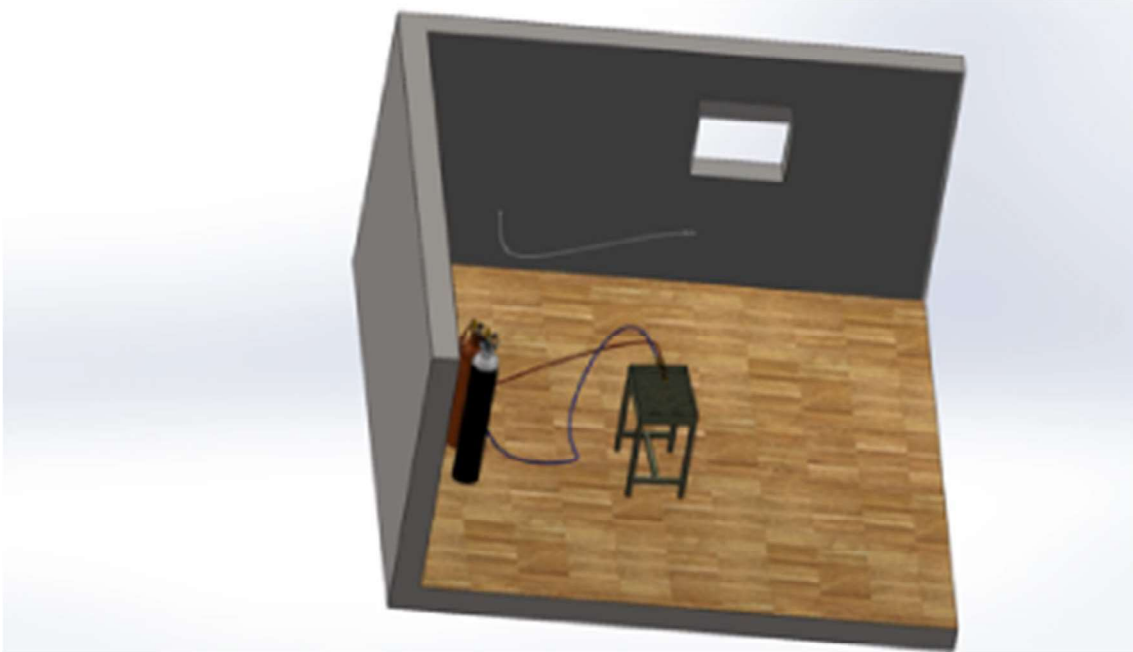


Ilustración 81. Trayectoria cámara 2

El objetivo es comenzar enfocando las válvulas del soplete, de manera que se pueda visualizar claramente la dirección de cierre que poseen. A continuación, se ha desplazado la cámara hacia las botellas con el fin de mostrar el sentido de cierre de la llave de alimentación de las mismas. El tiempo que se ha establecido en esta animación es de 15 segundos.

En la segunda animación, se ha planteado una trayectoria recta en la que se muestra la parte superior de la botella y luego el manorreductor. De esta forma, se muestra el cierre de la llave de alimentación de la botella, y luego el afloje del tornillo de regulación del manorreductor.

Para guardar la animación, hay seleccionar el botón de guardar y se modifican las propiedades de la siguiente forma:

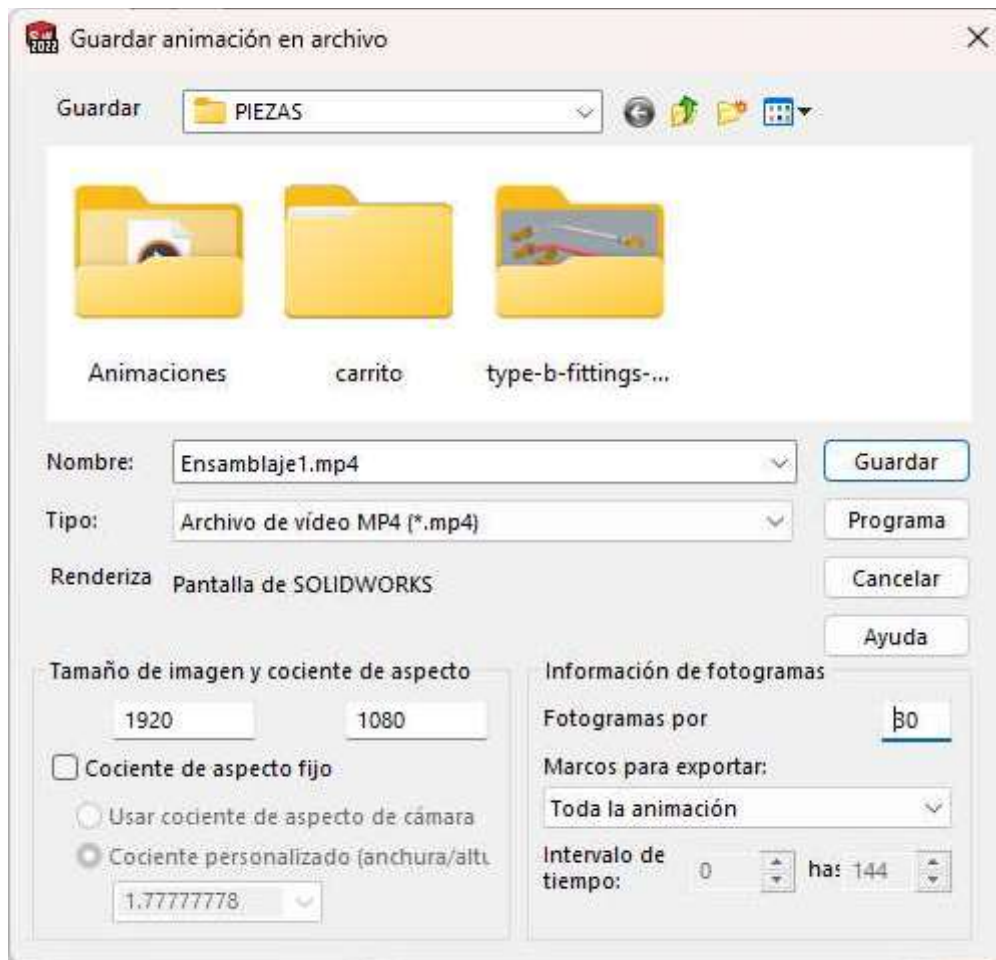


Ilustración 82. Propiedades al guardar animación

El tamaño de imagen se ha definido ese para que se vea lo mejor posible.

Los primeros vídeos se han exportado con unos fotogramas menores ya que el ordenador que lo cargaba, al ponerle 30 FPS daba error por lo que tuve que bajarle los fotogramas a 10, para que no diese ningún problema.

2.4.3. CREACIÓN DE IMÁGENES CON SKETCHBOOK

En este apartado, se va a buscar representar la llama, de forma que se aprecie lo mejor posible la diferencia entre unas y otras. Luego, en las diapositivas, se mostrará que reacción sucede en cada apartado de la llama.

El menú del programa Sketchbook es el siguiente:

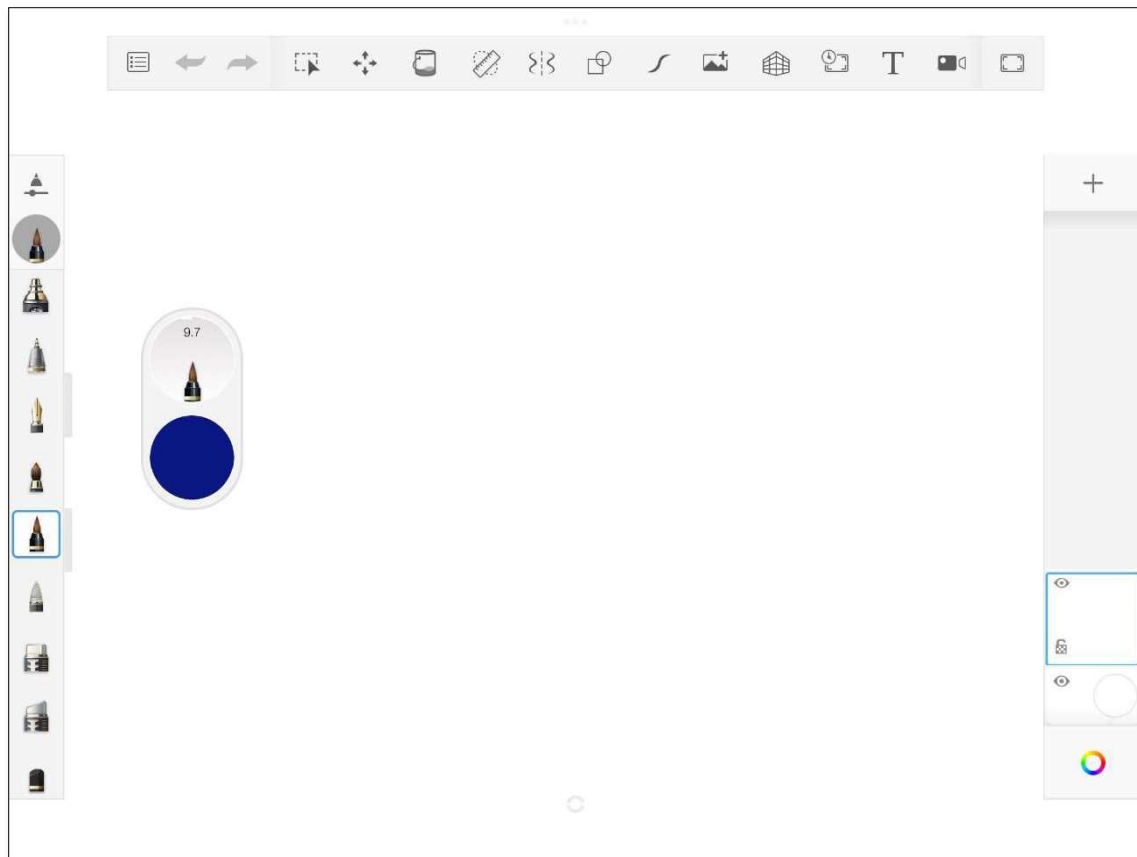


Ilustración 83. Menú de Sketchbook

Como observa, el menú de este programa es muy simple, en él realmente lo que se hará es trabajar con los distintos pinceles que existen.

Para iniciar, se procederá a diseñar todas las llamas utilizando una fotografía de la lanza que se ha modelado para el primer video.

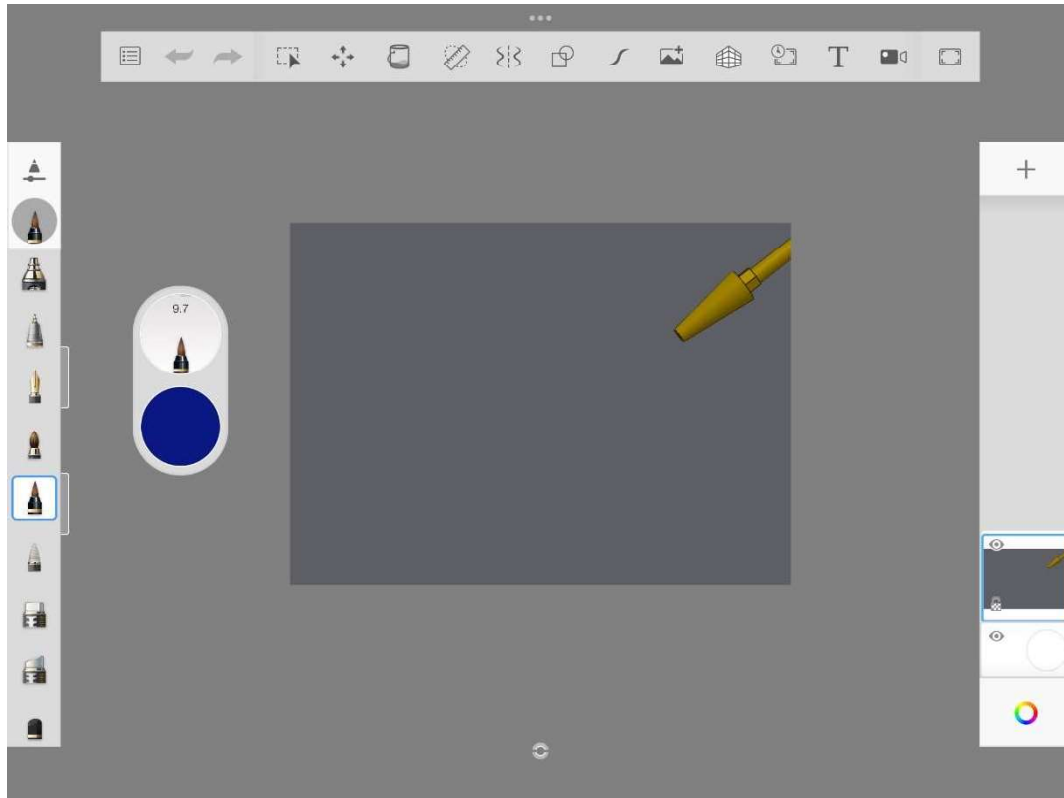


Ilustración 84. Fondo para el diseño de llamas

Se empezará con el diseño de la llama de acetileno puro, tanto para el diseño de esta, como para las demás llamas, se usará otra de ayuda de ejemplo de ese tipo de llama. De este modo la llama de acetileno puro es la siguiente:

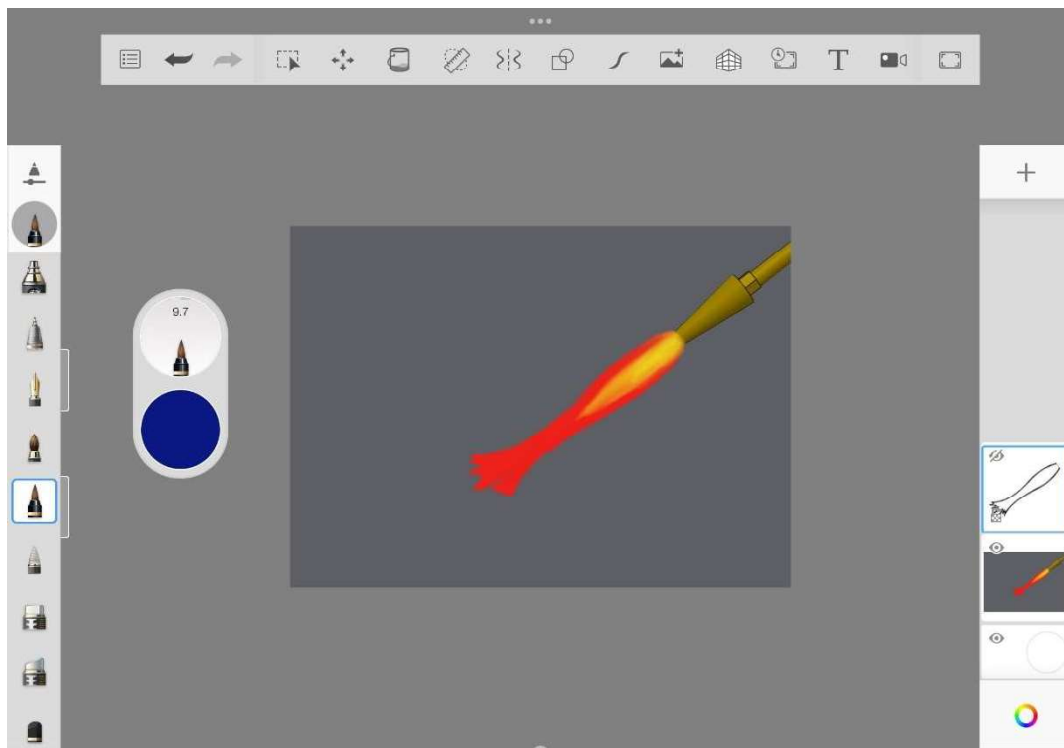


Ilustración 85. Diseño llama de acetileno puro

En la esquina derecha de la imagen previa se muestra la imagen de referencia utilizada para dibujar la llama requerida.

Una vez comprendido el proceso, las demás llamas se han representado de la siguiente manera:

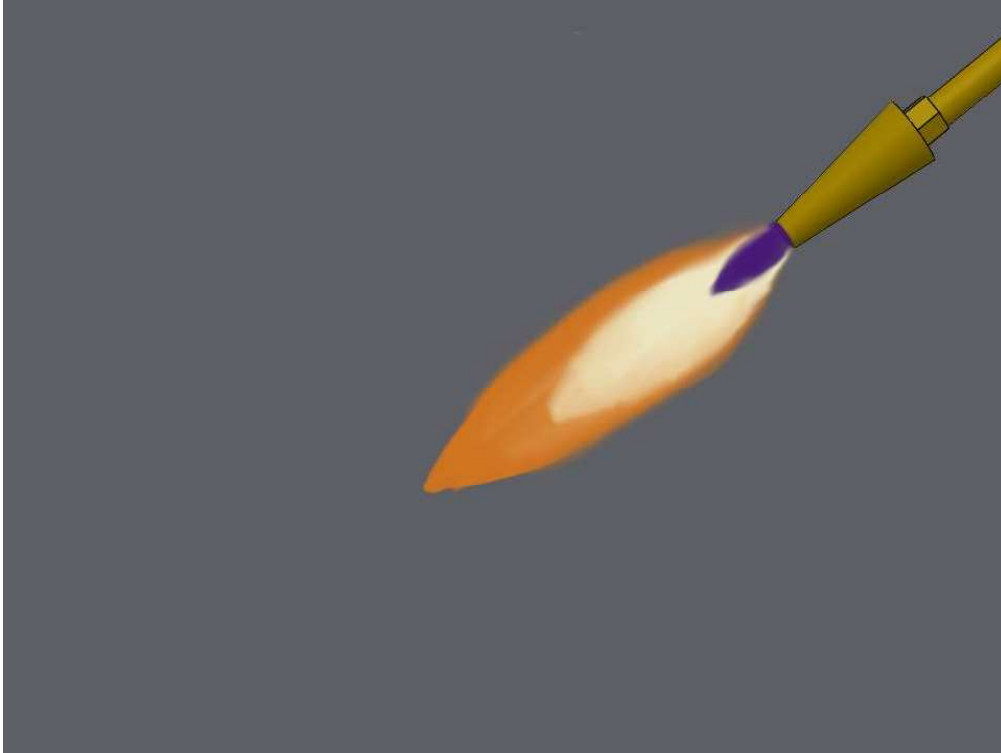


Ilustración 87. Diseño de llama carburante

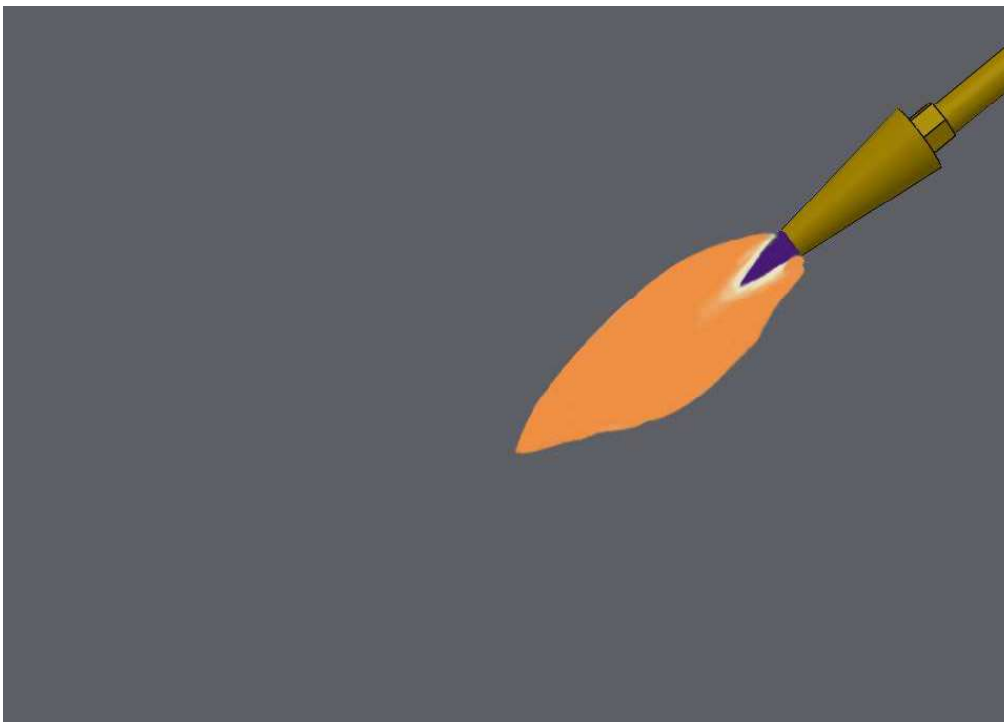


Ilustración 86. Diseño de llama neutra

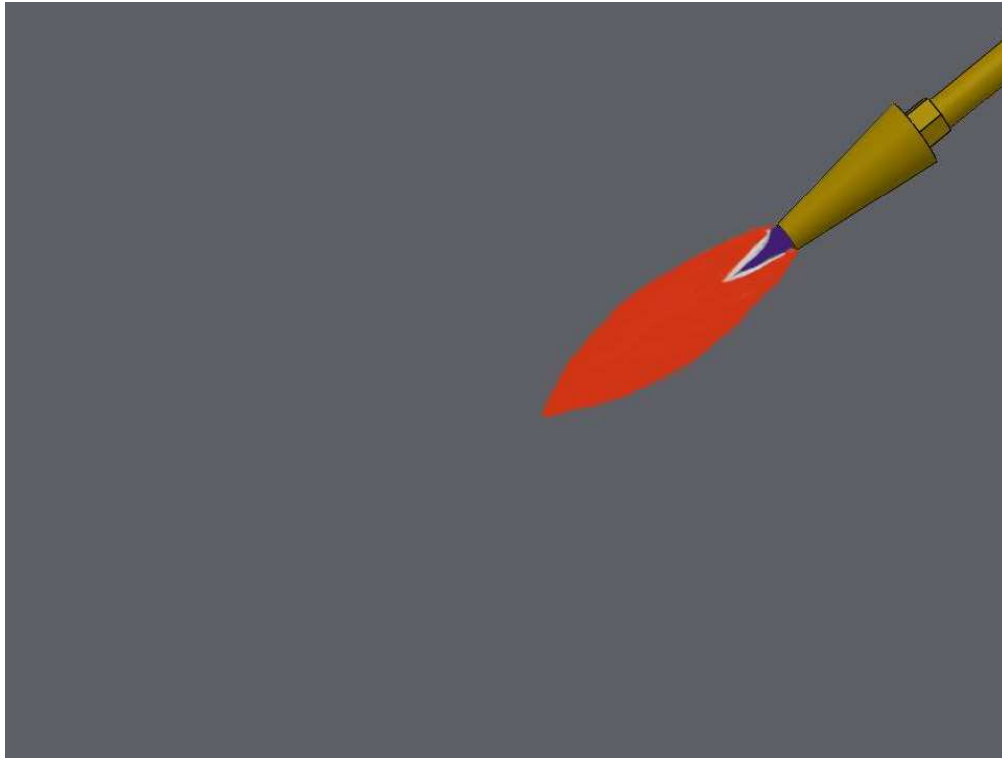


Ilustración 88. Diseño de llama oxidante

2.4.4. GRABACIÓN DE VÍDEO Y AUDIO CON OBS

La grabación de vídeo se ha realizado con el programa OBS. Se trata de un programa que graba tanto pantalla como audio del micrófono. El menú del programa es el siguiente:

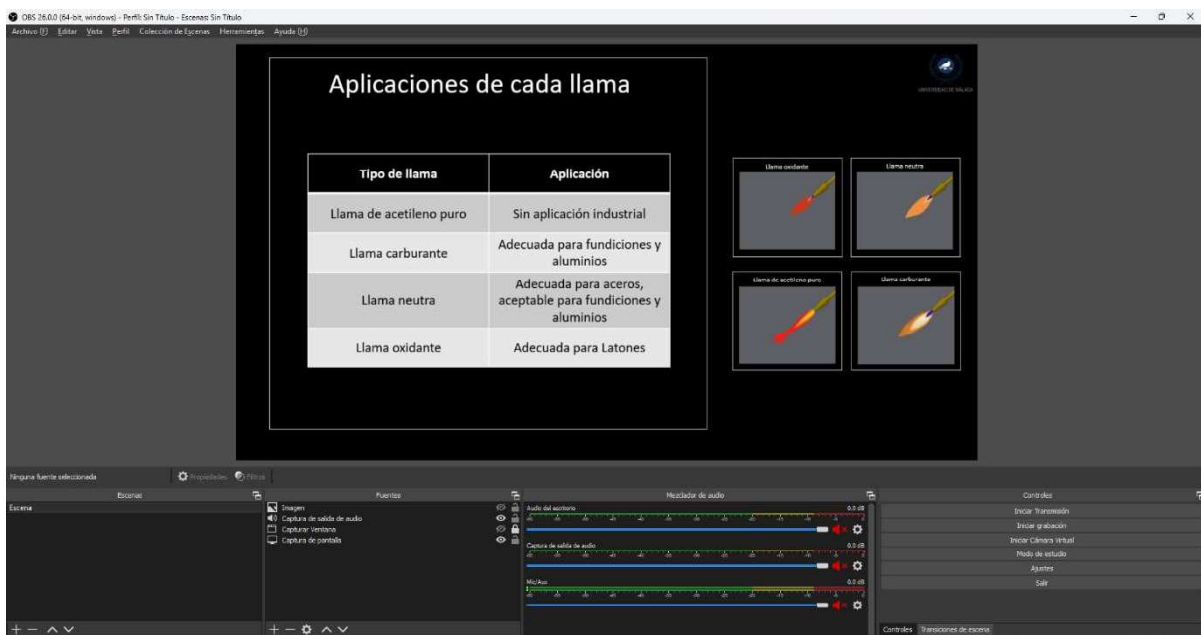


Ilustración 89. Menú de OBS

En la imagen anterior, se destacan varios elementos importantes. En la sección central, se muestra la parte de la pantalla que se está capturando, y en este caso se ha elegido capturar la pantalla completa. Justo debajo, se visualizan las diferentes opciones de audio que el programa puede grabar, aunque en nuestro caso solo se desea grabar el audio del micrófono. Para iniciar la grabación, se seleccionará el botón "Iniciar grabación", y para detenerla se utilizará el mismo botón, que ahora mostrará la opción "Detener grabación". Una vez finalizada la grabación, el archivo se guardará en la ubicación de destino predefinida.

2.4.5. EDICIÓN DE VÍDEO CON ONLINE VIDEO CUTTER

Para la edición de vídeo, se ha utilizado la aplicación en línea "Online Video Cutter". Mediante esta herramienta, se ha realizado tanto la edición del vídeo como la separación del audio para su posterior mejora.

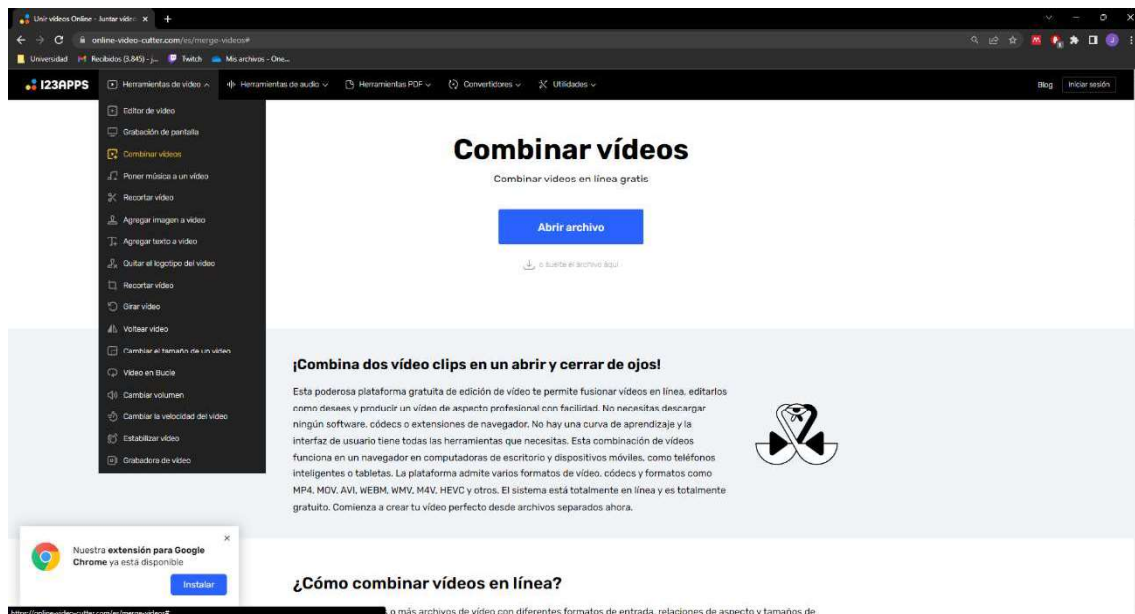


Ilustración 90. Herramientas de Online Video Cutter

En la imagen previa, se observan todas las herramientas que se pueden hacer en esta aplicación. Para la edición de vídeo, se tiene que seleccionar la herramienta en la se está en la imagen. Para añadir los vídeos que se quiere juntar, hay que seleccionar el botón de abrir archivos. Se abrirá una ventana y se seleccionarán los vídeos a combinar.

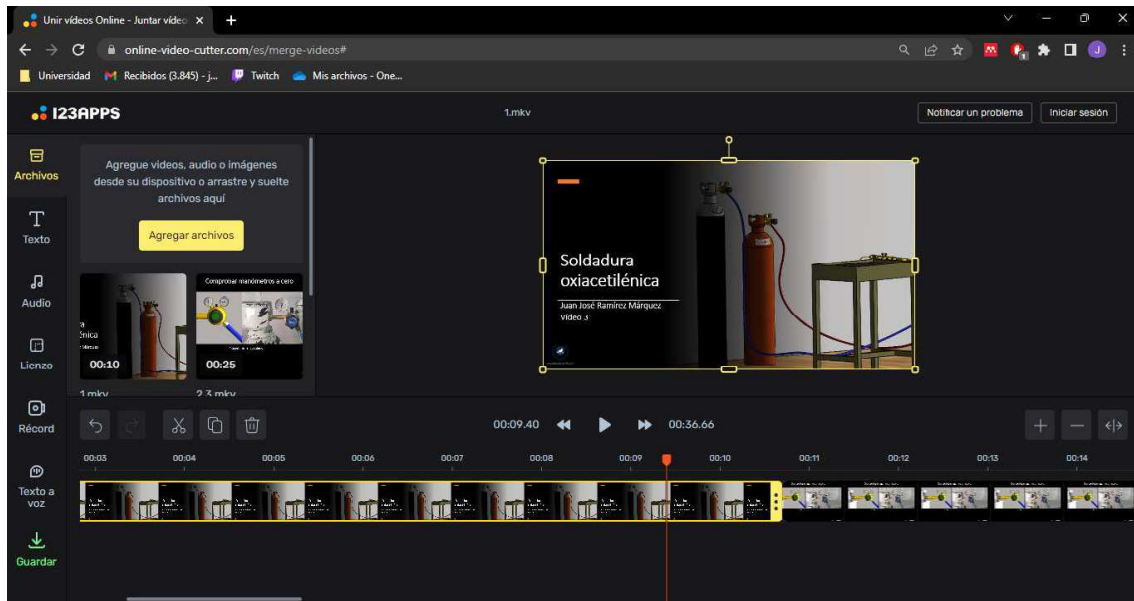


Ilustración 92. Combinación de vídeos

Lo siguiente sería modificar los parámetros de los vídeos, en el siguiente apartado:

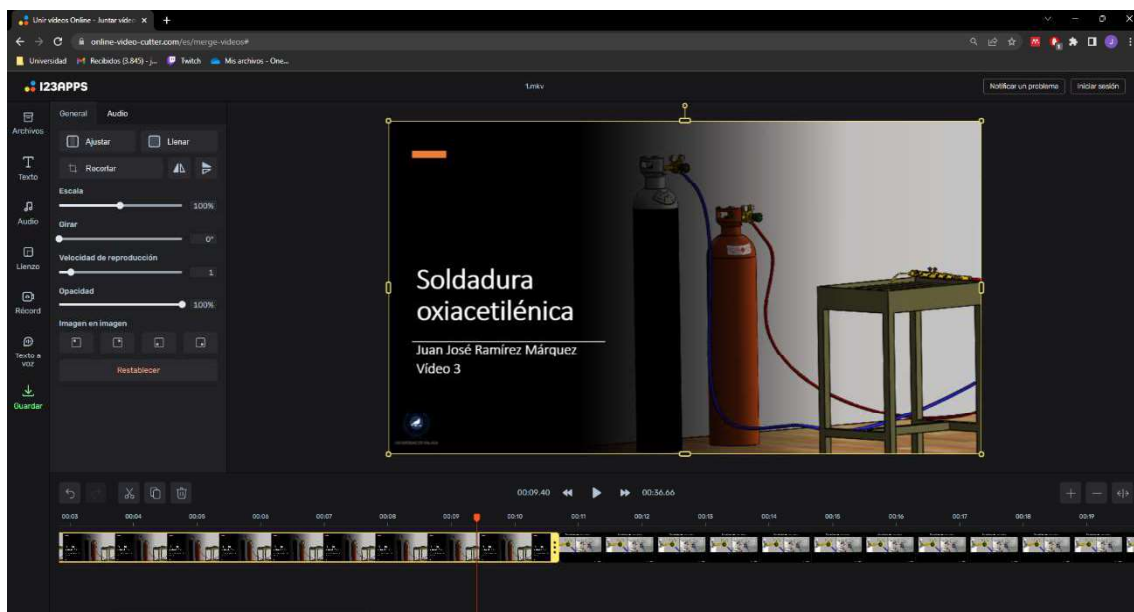


Ilustración 91. Edición de vídeos

Una vez se han unido los distintos vídeos, lo siguiente es procesarlo. Para hacer esto, hay que seleccionar el botón guardar que sale en verde a la izquierda. Nos saldrá un menú y le damos a la calidad que deseemos.

2.4.6. MEJORA DE AUDIO CON ADOBE PODCAST

Para mejorar el audio de los vídeos, se usará una inteligencia artificial que ha creado Adobe, llamada Adobe Podcast-Enhance Speech. Lo primero que se hará es

extraer el audio del vídeo, con el programa mencionado en el punto anterior. El audio se subirá en la siguiente web:

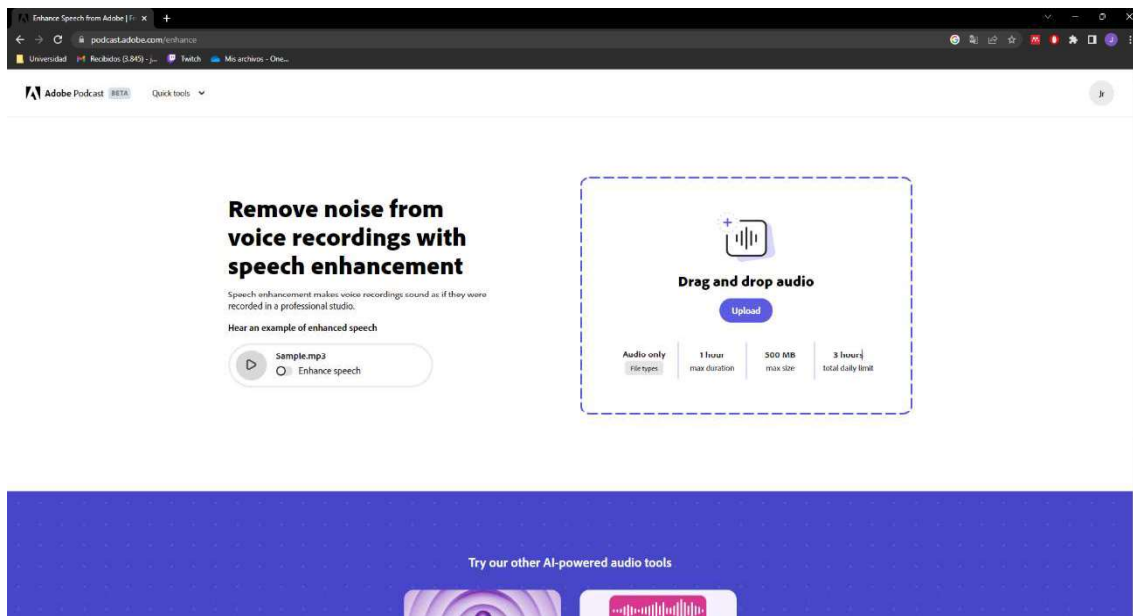


Ilustración 93. Menú de Adobe podcast

El audio del vídeo se subirá en el botón upload. Una vez subidos, se obtendrá el audio totalmente modificado, y listo para juntarlo al vídeo con “Online Video Cutter”.

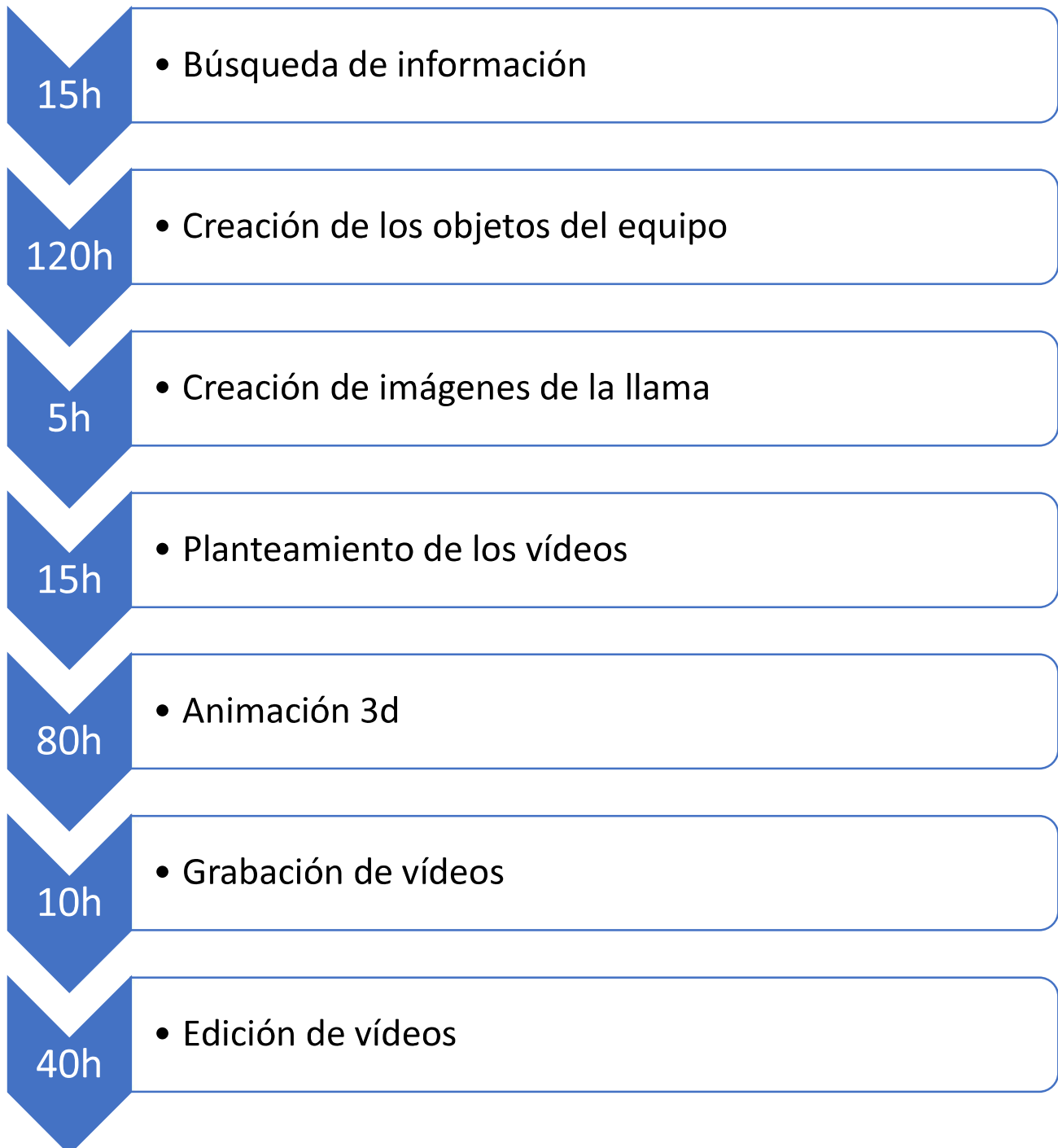
2.5. RESULTADOS

El resultado ha sido tres vídeos para la docencia de este tipo de soldadura. En la siguiente tabla se observa cada vídeo con su duración y tema abordado de cada uno de ellos:

| Nº DE VÍDEO | DESCRIPCIÓN | DURACIÓN [min] |
|-------------|---|-------------------|
| 1 | Definición y equipos de la soldadura oxiacetilénica | 04:14 |
| 2 | Fundamentos de la llama | 04:21 |
| 3 | Proceso de soldadura oxiacetilénica | 04:02 |

Tabla 5. Duración y tema de los vídeos

Los tiempos generales utilizados para llevar a cabo estas actividades se presentan en el siguiente esquema:



Esquema 5. Tiempo para la realización de virtualizaciones

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTOS

En esta sección, se llevará a cabo el cálculo del presupuesto requerido para llevar a cabo este proyecto. Este presupuesto contemplará los costos de software informático, mano de obra y gastos indirectos.

Costes del software informático

El costo del software mencionado en la siguiente tabla corresponde a la licencia de un año sin incluir el servicio de suscripción anual, dado que el período de ejecución de este proyecto es menor al período de la licencia.

| SOFTWARE | COSTE |
|----------------------------|----------------|
| SolidWorks | 6.600 € |
| OBS | 0 € |
| SketchBook | 0 € |
| Online Video Cutter | 0 € |
| Adobe Podcast | 0 € |
| Total | 6.600 € |

Tabla 6. Costes del software

Costes de mano de obra directa

Estos costos corresponden al salario del ingeniero, el cual se calcula en base a las horas dedicadas a la ejecución del proyecto. El salario promedio del ingeniero es de 15 € por hora.

| CONCEPTO | TIEMPO DEDICADO |
|--|------------------------|
| Formación y conocimiento de los programas informáticos utilizados | 60 h |
| Realización | 500 h |
| Total | 560 h |

Tabla 7. Costes de mano de obra directa

Costes de la mano de obra directa: 8.400 €

Costes de mano de obra indirecta

Los gastos de mano de obra indirecta se refieren a cargos adicionales al costo del proyecto, como la redacción del mismo o el personal relacionado de forma indirecta. Estos gastos se calculan en un 7% del costo de la mano de obra directa.

Costes de la mano de obra indirecta: 588 €

Costes indirectos

Estos costos engloban todos los gastos derivados de la realización de este proyecto, tales como el mantenimiento del equipo, consumo de electricidad, entre otros.

| CONCEPTO | COSTE |
|---------------------------|----------------|
| Equipo informático | 1.000 € |
| Consumo de luz | 100 € |
| Accesorios varios | 150 € |
| Total | 1.250 € |

Tabla 8. Costes indirectos

Total presupuesto

| CONCEPTO | COSTE |
|---|-----------------|
| Costes del software informático | 6.600 € |
| Costes de mano de obra directa | 8.400 € |
| Costes de mano de obra indirecta | 588 € |
| Costes indirectos | 1.250 € |
| Total presupuesto | 16.838 € |

Tabla 9. Presupuesto total



EL PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO ES DE DIECISEIS MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS. Este presupuesto no incluye IVA.

En Málaga, a 11 de Junio de 2023.

Fdo: Juan José Ramírez Márquez
Graduado en Ingeniería Mecánica

Nota informativa:

El presente documento no va firmado debido a que no es un documento oficial. Si fuera necesario debería ir firmado electrónicamente.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) ha logrado cumplir con todos los objetivos establecidos en la introducción de este proyecto, presentando material audiovisual sobre la soldadura oxiacetilénica para aplicación en el aula.

En el desarrollo de este proyecto se han generado tres documentos en formato vídeo que brinda soporte al profesorado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación (IPF), especialmente en la asignatura de Soldadura.

Este material permite a los alumnos entender el proceso de soldadura oxiacetilénica, el equipo de soldadura y sus partes, el proceso de combustión del acetileno y los tipos de llamas posibles, así como las técnicas de soldeo.

Además, este material audiovisual también puede ser de utilidad para que los estudiantes recuerden ciertos aspectos importantes de esta soldadura, así como para aquellos que no pueden asistir a las clases teóricas.

Como líneas futuras, se sugiere continuar con la creación de simulaciones virtuales de otros procedimientos de soldadura y procesos de fabricación. Con el objetivo a largo plazo de construir una base de datos que albergue todas las virtualizaciones desarrolladas en distintos Trabajos Fin de Grado/Proyectos Fin de Carrera, con el propósito de brindar apoyo en las explicaciones de los diversos procesos de soldadura.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Unión en Ángulo **】** → ¿Cómo Soldar en Ángulo en 2023?»
<https://soldaduras.online/tipos-de-uniones/union-en-angulo/> (accedido 10 de abril de 2023).
- [2] «Qué es la soldadura y cuántos tipos de soldadura existen - CEIF centro de empresas para la innovación y la formación».
<https://formacionceif.es/actualidad/que-es-la-soldadura-y-cuantos-tipos-de-soldadura-existen/> (accedido 10 de abril de 2023).
- [3] «Historia de la soldadura – Joan Bonet engineering».
<https://joanbonetm.wordpress.com/2019/06/18/historia-de-la-soldadura/> (accedido 10 de abril de 2023).
- [4] «Soldadura Oxiacetilénica ¿Qué es y Qué Equipamiento Necesitas?»
<https://www.tiendaserecon.com/blog/soldadura-oxiacetilenica/> (accedido 23 de mayo de 2023).
- [5] «SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve». <https://solid-bi.es/solidworks/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [6] «Solid Edge - Wikipedia, la enciclopedia libre».
https://es.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge (accedido 24 de mayo de 2023).
- [7] «CATIA, el software que trasciende la tecnología de diseño CAD - 3Dnatives».
<https://www.3dnatives.com/es/catia-software-tecnologia-cad-080720202/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [8] «¿Qué es Autodesk Inventor y cuáles son sus características principales? - 3Dnatives».
<https://www.3dnatives.com/es/que-es-autodesk-inventor-130620222/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [9] «3DS Max: ¿Cómo utilizarlo para arquitectura?» <https://mcad.co/3ds-max-para-arquitectura/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [10] «Qué es Blender, características y formatos».
<https://www.profesionalreview.com/2022/02/20/blender-que-es-y-para-que-se-utiliza/> (accedido 24 de mayo de 2023).

- [11] «Sketchbook - Aplicaciones en Google Play».
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adsk.sketchbook&hl=es&gl=US&pli=1> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [12] «Procreate: precios, funciones y opiniones | GetApp México 2023».
<https://www.getapp.com.mx/software/2047114/procreate> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [13] «Adobe Illustrator | Software de ilustración digital y vectores gráficos».
<https://www.adobe.com/es/products/illustrator.html> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [14] «¿Qué es y para qué sirve OBS? • Elurnet - Básicos de OBS Studio #1-».
<https://elurnet.net/que-es-y-para-que-sirve-obs/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [15] «Camtasia | Camtasia y sus funciones».
<https://camtasiatutorialuso.wordpress.com/2014/10/31/camtasia/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [16] «Sony Vegas | Wikia Software, Programas y Aplicaciones | Fandom».
https://softwareprogramas-y-aplicaciones.fandom.com/es/wiki/Sony_Vegas (accedido 24 de mayo de 2023).
- [17] «¿Qué es Premiere Pro? – Academia de Diseño».
<https://academiadedisenio.com/2022/03/06/que-es-premiere-pro/> (accedido 24 de mayo de 2023).
- [18] «Adobe Podcast: qué es y cómo usar esta IA para mejorar audios gratis».
<https://androidphoria.com/tutoriales/como-mejorar-audio-con-adobe-podcast> (accedido 24 de mayo de 2023).

6.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- SOLDADURA: Tecnología y Técnica de los Procesos de Soldadura (2010). D. Rodríguez Salgado. Bellisco Ed.
- Hernández, G. (2012), MANUAL DEL SOLDADOR, 23ª Edición, Madrid, España, COBOPRINT, S.L.
- Las soldaduras (1977). D. Séférian. URMO S.A. Ediciones
- Curso de Soldadura Oxiacetilénica (1966). M. de Miro y T. de la Presa. CENIM
- *Manual de Soldadura con Oxiacetileno (2007). Luis Lesur. TRILLAS.*

6.3. LISTADO DE ILUSTRACIONES REFERENCIADAS

Ilustración 1. [Unión Roscada]. (s.f.). Clima suministros. Recuperado el 10 marzo, 2023, de <https://climasuministros.es/es/union-roscada-macho-macho/10258-union-roscada-1-4m-sae-aire-acondicionado-category.html>

Ilustración 2. Horacio, N. (s.f.). *Unión Remacha* [Fotografía]. Educación Tecnológica. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/unionesremachadas/unionesremachadas_archivos/Page348.htm

Ilustración 3. [Unión con chavetas]. (s.f.). Cafí. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25129>

Ilustración 4. [Unión con pasadores]. (s.f.). The New Zealand Digital Library. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.nzdl.org/cgi-bin/library.cgi?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-800&a=d&cl=CL3.3&d=HASHdf41dec857d7d0fc03bdbc.7>

Ilustración 5. [Adhesivo natural]. (2012). XdCiencia. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <http://xdciencia.blogspot.com/2012/09/adhesivos-naturales.html>

Ilustración 6. Torres, F. (s.f.). *Adhesivo inorgánico* [Fotografía]. Quizizz. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://quizizz.com/admin/quiz/5f9667eb620c80001ba155f4/union-de-adhesivos>

Ilustración 7. [Adhesivo Sintético]. (s.f.). Skribe. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://skribeargentina.com/producto/adhesivo-sintetico/>

Ilustración 8. [Unión a tope]. (2010). Temas para la Educación. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Ilustración 9. [Unión de esquina]. (s.f.). Soldaduras.Online. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://soldaduras.online/tipos-de-uniones/union-en-angulo/>

Ilustración 10. [Unión de borde]. (2010). Temas para la Educación. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Ilustración 11. [Unión de superficie]. (2010). Temas para la Educación. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Ilustración 12. [Unión de ranura]. Temas para la Educación. Recuperado el 10 de marzo, 2023, de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Ilustración 13. Herradón, B. (2012). *Humphry Davy* [Fotografía]. Educación Química – WordPress. Recuperado el 14 de abril, 2023, de <https://educacionquimica.wordpress.com/2012/05/29/recordando-a-uno-de-los-mas-grandes-humphry-davy-1778-1829/>

Ilustración 14. Vicent, J. (2020). *Soldadura fuerte por soplete* [Fotografía]. Sincable. Recuperado el 14 de abril, 2023, de <https://www.sincable.mx/soplete-para-soldar/>

Ilustración 15. [Soldadura fuerte con horno]. (s.f.). Abbott Furnace Mexico. Recuperado el 13 de abril, 2023, de <https://www.abbottfurnacemexico.com/pagina-principal/productos-de-hornos-industriales/soldaduras-hornos>

Ilustración 16. [Soldadura fuerte por inducción]. (2016). De Maquinas y Herramientas. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/introduccion-soldadura-por-induccion>

Ilustración 17. Pagani, M. (2022). *Soldadura por forja* [Fotografía]. YouTube. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <https://www.youtube.com/watch?v=6jOrVCPOMpg>

Ilustración 18. [Soldadura por fricción]. (2018). Berkoa. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <https://www.berkoa.com/es/jornada-tecnica-de-introduccion-a-la-tecnologia-de-soldadura-por-friccion-rotativa/>

Ilustración 19. [Soldadura por inducción y alta frecuencia]. (2016). De Maquinas y Herramientas. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/introduccion-soldadura-por-induccion>

Ilustración 20. [Soldadura por ultrasonidos]. (2020). Todo en Polímeros. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <https://todoenpolimeros.com/2020/09/20/soldadura-por-ultrasonido/>

Ilustración 21. [Tipos de llama]. (2009). Solda Repuestos. Recuperado el 20 de abril, 2023, de <http://losproximosoldadores.blogspot.com/2009/09/tipos-de-llamas.html>

Ilustración 22. [Colores de identificación de las botellas]. (s.f.). Colores de identificación y acoplamiento de botellas. Recuperado el 20 de abril, 2023, de

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-03-16-PRAXAIR%20ENVASES%20Y%20CONEXIONES.pdf>

Ilustración 23. [Soldadura por puntos]. (s.f.). elchapista. Recuperado el 20 de abril, 2023, de http://www.elchapista.com/soldadura_por_puntos_en_las_carrocerias.html

Ilustración 24. [Soldadura por costura]. (s.f.). Keyence. Recuperado el 22 de abril, 2023, de <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure/welding/pressure/seam.jsp>

Ilustración 25. [Soldadura por protuberancias]. (s.f.). EcuRed. Recuperado el 22 de abril, 2023, de https://www.ecured.cu/Soldadura_por_protuberancias

Ilustración 26. [Soldadura por recalado]. (s.f.). Mecánica industrial js. Recuperado el 24 de abril, 2023, de <https://comoww6.wordpress.com/soldadura/>

Ilustración 27. [Soldadura por rayo láser]. (2021). Linde. Recuperado el 24 de abril, 2023, de <https://tiendalinde.com.mx/blog/soldadura-laser/>

Ilustración 28. [Soldadura por electroescoria]. (s.f.). Havit Steel structure. Recuperado el 24 de abril, 2023, de <https://havitsteelstructure.com/es/tecnologia-de-soldadura-de-estructuras-de-acero/>

Ilustración 29. [Soldadura por aluminoterapia]. (s.f.). BirtLH. Recuperado el 24 de abril, 2023, de https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/IEI/IEI05/es_IEA_IEI05_Contenidos/website_51_soldadura_aluminotrmica.html

Ilustración 30. [Soldadura por arco sumergido]. (s.f.). ResearchGate. Recuperado el 24 de abril, 2023, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Soldadura-por-arco-sumergido-Area-de-soldadura-ampliada-Adaptacion-de-Kou-1_fig1_292385755

Ilustración 31. [Equipo soldadura MIG/MAG]. (s.f.). Fronius. Recuperado el 10 de abril, 2023, de <https://www.interempresas.net/EquiposConstruccion/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-soldadura-MIG-MAG-Fronius-TPS-i-126991.html>

Ilustración 32. [Equipo soldadura TIG]. (2016). Escuela de soldadores. Recuperado el 24 de abril, 2023, de <https://escueladesoldadores.com/como-soldar-con-tig-tutorial-parte-2/>

Ilustración 33. Mazón, T. (2016). *Soldadura por Arco-Plasma* [Fotografía]. Soldadura. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <http://soldaduracursos.blogspot.com/2016/03/soldadura-por-plasma-o-paw.html>

Ilustración 34. [Soldadura oxigás]. (2020). Logic Automation. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://www.logicautomation.com.mx/post/soldadura-oxiacetil%C3%A9nica>

Ilustración 35. Buezo, S. (2016). *Equipo soldadura oxigás* [Fotografía]. Sergio Buezo Fragueiro. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <http://eayfnsergiobuezofragueiro.blogspot.com/2016/02/8-el-equipo-oxigas.html>

Ilustración 36. [Material de aportación]. (2017). Soldadoras. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://soldadoras.com.ar/insumos-para-soldar/tipos-usos-las-varillas-aportes/>

Ilustración 37. Buezo, S. (2016). *Zonas de la llama* [Fotografía]. Sergio Buezo Fragueiro. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <http://eayfnsergiobuezofragueiro.blogspot.com/2016/02/8-el-equipo-oxigas.html>

Ilustración 38. [Equipamiento de seguridad]. (s.f.). Direct Industry. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://www.directindustry.es/prod/evermatic-oy/product-111895-1050237.html>

Ilustración 39. [Porosidad]. (s.f.). Área Académica de Metalurgia. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://www.areametalurgia.com/post/como-evitar-las-porosidades-en-la-soldadura>

Ilustración 40. [Deformación de piezas]. (s.f.). Área Académica de Metalurgia. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://www.areametalurgia.com/post/como-evitar-las-porosidades-en-la-soldadura>

Ilustración 41. [Logo SolidWorks]. (2023). 1000Logos. Recuperado el 24 de abril, 2023, de <https://1000logos.net/solidworks-logo/>

Ilustración 42. [Logo SolidEdge]. (2021). X – Plan. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://www.x-plan.com/soporte-y-descargas/solid-edge-logo/>

Ilustración 43. [Logo Catia]. (2014). Wikipedia. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:CATIA_Logotype_RGB_Blue.png

Ilustración 44. [Logo Autocad Inventor]. (s.f.). Teach Tools for Teachers. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://smartinwi.com/tech-tools/autodesk-inventor/autodesk-inventor-logo/>

Ilustración 45. [Logo Autodesk 3ds Max]. (2023). 1000Marcas. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://1000marcas.net/3ds-max-logo/>

Ilustración 46. [Logo Blender]. (2014). Wikipedia. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Logo_Blender.svg

Ilustración 47. [Logo Sketchbook]. (2022). Google Play. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adsk.sketchbook&hl=es&gl=US&pli=1>

Ilustración 48. [Logo Procreate]. (s.f.). GetApp. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://www.getapp.com.mx/software/2047114/procreate>

Ilustración 49. [Logo Adobe Illustrator]. (s.f.). Freepik. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/adobe-illustrator-logo>

Ilustración 50. [Logo OBS Studio]. (s.f.). TutorialesGeeks. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://tutorialesgeeks.com/como-corregir-un-error-de-captura-de-pantalla-negra-obs/>

Ilustración 51. [Logo Camtasia]. (s.f.). Pinterest. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://www.pinterest.es/pin/628252216758214005/>

Ilustración 52. [Logo Sony Vegas Pro]. (s.f.). Uxwing. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://uxwing.com/sony-vegas-logo-icon>

Ilustración 53. [Logo Adobe Premiere Pro]. (2017). Wikimedia Commons. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adobe_Premiere_Pro_Logo.svg

Ilustración 54. [Logo Online Video Cutter]. (s.f.). Webcatalog. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://webcatalog.io/apps/123apps/>

Ilustración 55. [Logo Adobe Podcast]. (2023). Podcast engineering School. Recuperado el 24 de mayo, 2023, de <https://podcastengineeringschool.com/adobe-podcast-speech-enhancement-free/>