



# CEMIVET

El apoyo de la Comisión Europea a la elaboración de esta publicación no constituye una aprobación de su contenido, que refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

CEMIVET WP4 (IO4)

Cursos de formación



## CEMIVET WP4 (IO4-IO5)

### Cursos de formación

#### **CURSO 1. CIRCULARIDAD Y SOSTENIBILIDAD EN LA SOLDADURA - ¿QUÉ ES Y POR QUÉ ES IMPORTANTE?**

##### **Alcance y resultados del curso**

El objetivo de este curso es introducir los principios de la economía circular y explicar la importancia de estos principios para el desarrollo de los procesos de trabajo de la soldadura.

Tras completar este curso, los alumnos serán capaces de:

- Definir el concepto de economía circular y reconocer sus principios fundamentales.
- Explicar la importancia de los principios de la economía circular para el desarrollo del sector metalúrgico y, en particular, de la soldadura de metales.
- Explicar el impacto medioambiental de los procesos de soldadura y las implicaciones de la soldadura en el consumo de materias primas.
- Evaluar las posibilidades de aplicación de los principios de la economía circular en los procesos de trabajo de la soldadura.

##### **Destinatarios**

Profesores y formadores de EFP, especialistas en soldadura.

##### **Material didáctico**

###### *Tema 1. ¿Qué es la economía circular?*

La economía circular puede definirse como un sistema económico que pretende eliminar, o al menos reducir, los residuos de los procesos económicos y productivos mediante la reutilización, el reciclaje de diferentes productos, así como la prolongación de su vida útil. La economía circular persigue varios objetivos planetarios clave, empezando por la protección del medio ambiente y el mantenimiento de la vida silvestre (cuya supervivencia se ve amenazada por el consumo excesivo) y terminando por la racionalización real del uso de materias primas no regenerativas, evitando así que se agoten pronto y eliminando el daño que su extracción supone para el medio ambiente.

Para más información, lea la siguiente ficha elaborada por el proyecto Erasmus+ "CEMIVET" aquí: <http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/>.

*Tema 2. ¿Por qué la economía circular es importante para la metalurgia y la soldadura? ¿Qué retos/problemas de este sector y ámbito de actividad puede ayudar a resolver?*

La soldadura es uno de los procesos tecnológicos más importantes de la moderna industria metalúrgica y de ingeniería en términos de volúmenes de producción, escala de aplicación en las industrias y muchos otros factores. Al mismo tiempo, la soldadura y los procesos tecnológicos relacionados "consumen" una parte muy importante de materiales que se agotan (por ejemplo, metales) y producen volúmenes muy significativos de restos, residuos y emisiones contaminantes. Por lo tanto, la aplicación y el seguimiento de los principios de la economía circular en los procesos de trabajo de soldadura pueden ayudar a resolver varios problemas globales: 1) evitar el agotamiento rápido y pronto de las materias primas y otros recursos disponibles (por ejemplo, el mineral de hierro); 2) reducir el alto impacto medioambiental negativo de la producción de metales y otras materias primas y consumibles para la soldadura; 3) reducir el impacto medioambiental negativo de las industrias y los procesos de soldadura para el medio ambiente y las personas. Para más información, lea la siguiente ficha elaborada por el proyecto Erasmus+ "CEMIVET" aquí: <http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/>.

*Tema 3. ¿Cómo podemos cambiar/ajustar la ejecución de los procesos y operaciones de soldadura para seguir los principios de la economía circular?*

Seguir los principios de la economía circular requiere una revisión significativa de los actuales procesos de trabajo de la soldadura, empezando por el diseño de los productos soldados, la planificación y organización del proceso de producción, el suministro y uso de tecnologías y materiales de soldadura, y la ejecución y garantía de calidad de todas las operaciones de soldadura.

Además, requiere una comunicación intensa y colaborativa entre los diseñadores de productos, los ingenieros de producción y los operarios de soldadura.

Se pueden distinguir diferentes problemas o carencias de organización del trabajo que contribuyen a aumentar la contaminación, el uso de materiales y consumibles, así como el aumento de residuos en el proceso de soldadura:

- 1) Problemas de comunicación - fallos en la definición de objetivos claros y un plan de trabajo claro del proceso de soldadura - el cliente, el diseñador y el soldador deben tener la responsabilidad conjunta de entender y ejecutar el pedido correctamente; falta de una cooperación transparente y constante entre el departamento tecnológico (ingenieros

de soldadura, tecnólogos), soldadores experimentados y operarios de soldadura; escasez de intercambio de información entre el departamento de marketing, que conoce los requisitos del cliente y las preferencias medioambientales, y el departamento de soldadores, que se centra principalmente en la calidad del producto; la cuestión del alcance y la forma de dicho intercambio sigue sin resolverse.

- 2) La falta de concentración, la falta de voluntad, la motivación insuficiente de los soldadores en la realización de los problemas de trabajo típicos para el manejo de los procesos de producción individualizados - el manejo de las diferencias del tiempo de trabajo necesario para producir productos estándar y los especialmente diseñados (el chasis clásico podría requerir 8h, la construcción especial - hasta 3 semanas); en caso de producción individualizada los clientes a menudo solicitan cambios y ajustes, mientras que la introducción de nuevos parámetros en el proceso de soldadura puede conducir a efectos no deseados, mientras que aprender a manejarlos puede requerir volumen de producción y tiempo.
- 3) Problemas causados por los defectos de los materiales, lo que requiere el control de los departamentos de compras y control de calidad.
- 4) Garantizar la calidad de los procesos en la fase inicial de la implantación de la robotización; el empleo de operarios de soldadura (con escasez de soldadores) para manejar los robots puede conducir -durante el periodo de implantación- a un aumento del consumo de materiales y energía (mayor tasa de escasez), sin embargo, la implantación de la supervisión y el control del proceso dirigidos por soldadores experimentados es la razón para aumentar la eficacia y la calidad de la producción.

*Tema 4. ¿Qué tipo de competencias, habilidades y actitudes de los soldadores y operarios de soldadura son necesarias para la aplicación de los principios de la economía circular?*

El proyecto Erasmus+ CEMIVET desarrolló un perfil de competencias que revela las aptitudes, habilidades y actitudes necesarias para los especialistas en soldadura a la hora de aplicar los principios de la economía circular: <http://cemivet.eu/circular-economy-competences/>.

El proyecto Erasmus+ CEMIVET ha desarrollado una hoja informativa con recomendaciones sobre el contenido de los currículos de formación profesional para soldadores que contienen las competencias necesarias para la aplicación de los



principios de la economía circular en los procesos de trabajo. Léala aquí:

<http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/>.

Hay otros proyectos Erasmus+ que han desarrollado planes de estudios de FP y materiales de formación en soldadura que incluyen las competencias y los resultados del aprendizaje relacionados con la sostenibilidad de los procesos de trabajo.

El proyecto Erasmus+ "Health, Safety and Environment Training curriculum development for joining technologies" proporciona varios resultados relacionados. Debe prestarse especial atención a la matriz de competencias presentada en el documento "O1 Harmonised Curriculum for HSE implementation in Joining" (página 36), que incluye competencias relacionadas con la protección de la salud, la seguridad y el medio ambiente:

<https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2016-1-BE02-KA202-017322#!>

El proyecto Erasmus+ "EU weld" ha desarrollado un amplio plan de estudios que contiene aspectos generales de la soldadura (materiales utilizados en la soldadura por fusión, soldabilidad y tratamiento térmico de los materiales, garantía de calidad y cualificaciones en soldadura, normas específicas de salud y seguridad para los procesos de soldadura), así como los fundamentos de los procesos de soldadura por fusión (soldadura con gas oxigenado, procesos manuales de soldadura por arco metálico - soldadura TIG, soldadura por arco metálico con gas GMAW, soldadura por arco sumergido, soldadura por láser, soldadura por haz de electrones, soldadura por plasma). <http://www.camis.pub.ro/euweldlms/>

El proyecto MAKE IT redefine el perfil profesional del "profesional europeo de la soldadura", proporcionando información de las competencias pertinentes para los diferentes procesos de soldadura, incluidas las competencias relacionadas con el rendimiento laboral sostenible. Este proyecto también desarrolló un sistema europeo de cualificación orientado al sector en el enfoque LOs y estableció un esquema europeo armonizado para el Reconocimiento del Aprendizaje Previo (RPL) en el sector de la Soldadura, que pueden ser herramientas útiles para el diseño e implementación de los módulos de formación relacionados con la aplicación de los principios de la economía circular en la soldadura. Los materiales de este proyecto se pueden encontrar aquí: [MAKE-IT \(makeitproject.eu\)](http://makeitproject.eu).

El proyecto Erasmus+ "WeldChance" ha desarrollado un manual para el diseño de planes de estudios de FP innovadores y la organización de procesos de formación en soldadura: [Training-manual VWTS final.pdf \(struka.hr\)](http://struka.hr/VWTS_final.pdf)

### **Tareas para el aprendizaje autónomo**

Comente los procesos de soldadura con los que está trabajando o estudiando respondiendo a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué principios de la economía circular son especialmente relevantes e importantes para estos procesos de soldadura? ¿Por qué?
- 2) ¿Qué hay que hacer para que este proceso de soldadura sea más "verde" (más respetuoso con el medio ambiente) y más eficaz en términos de ahorro de costes de materiales, consumibles y energía?
- 3) ¿Cómo contribuye personalmente a trabajar de forma más ecológica y sostenible en su lugar de trabajo? ¿A qué retos y problemas se enfrenta?
- 4) Busque y encuentre datos sobre el impacto medioambiental negativo de los procesos de soldadura que ha practicado o estudiado. Analice la dinámica de los indicadores encontrados en cualquier periodo de tiempo y saque conclusiones.

### **Autoevaluación de los resultados del aprendizaje**

Responde por escrito a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué es la economía circular?
- 2) ¿Qué principios de la economía circular son importantes para la soldadura? ¿Por qué?
- 3) ¿Cómo puede ayudar a ahorrar costes a las empresas el seguimiento de los principios de la economía circular en la soldadura?
- 4) ¿Cuáles son los mayores efectos negativos de la soldadura para el medio ambiente?
- 5) ¿Qué materias primas consumen y agotan los procesos de soldadura?
- 6) ¿Cuáles son los principales factores de apoyo y obstáculos para la aplicación de los principios de la economía circular en los procesos de soldadura?

**CURSO 2. Uso inteligente, circular y respetuoso con el medio ambiente de materiales y consumibles en soldadura.**

## **Alcance y resultados del curso**

El objetivo de este curso es presentar las instrucciones y sugerencias de uso sostenible de materiales y consumibles en la práctica de la soldadura.

Tras completar este curso, los alumnos serán capaces de:

- Aplicar los principios de uso prudente de materiales y consumibles en los procesos de trabajo de soldadura.
- Eliminar /optimizar los procedimientos y procesos que conducen al aumento del volumen de restos y/o residuos.

## **Destinatarios**

Profesores y formadores de EFP, estudiantes de EFP, soldadores (nivel 4 del MEC).

## **Material didáctico**

*Tema 1. ¿Cómo se producen los restos y residuos en los procesos de soldadura?  
¿Cuáles son las fuentes más importantes de restos y residuos?*

Los procesos de soldadura producen diferentes restos y residuos, incluyendo gases, restos de materiales metálicos soldados, restos de consumibles de soldadura (alambre y electrodos), restos de materiales de embalaje y otros. Aquí discutiremos de manera más detallada el resultado y el impacto de algunos de estos residuos que tienen el impacto más negativo para el medio ambiente y las personas.

Uno de estos residuos son los gases y humos de soldadura. Por ejemplo, Nakhla, Shen, Benthea en su artículo (2012) afirman que la soldadura MAG, muy popular en la soldadura de acero, produce una de las mayores tasas de emisión de humos de soldadura. La soldadura MAG permite ajustar diferentes tamaños de arcos para los metales soldados y espesores de chapas.

El uso de gases activos es uno de los factores clave que definen la influencia de la soldadura MAD en la exposición de los soldadores a sustancias peligrosas como gases y humos. El cambio de la composición química del gas inerte dióxido de carbono que se convierte en monóxido de carbono durante la soldadura MAGC aumenta el impacto de estos gases peligrosos para los soldadores y el medio ambiente. El trabajo con procesos de gas activo también crea una fuerte elaboración de humos de soldadura (principalmente óxidos de hierro), especialmente cuando se aplica la soldadura MAGC a aceros no aleados y de baja aleación y se crea por la descomposición térmica del dióxido de carbono que se utiliza como gas inerte.

La soldadura MAGM de aceros no aleados o de baja aleación también produce la formación de CO cuando el gas mezclado contiene dióxido de carbono. La soldadura MAGM cuando se utiliza para soldar acero al cromo-níquel produce humos basados en óxido de níquel. La soldadura MAG con electrodos de hilo tubular produce mayores cantidades de humos de soldadura en comparación con la soldadura con electrodos de hilo macizo, así como al aumentar la intensidad del arco y la velocidad de avance del hilo.

La elaboración del monóxido de carbono también crea el riesgo de concentración de monóxido de carbono en el entorno de trabajo, lo que supone un peligro para la salud e incluso para la vida de las personas que trabajan en dicho entorno. Otras sustancias tóxicas, como el óxido de manganeso, que se crea al soldar MAGM acero al cromo-níquel con alambre sólido, en altas concentraciones irrita las vías respiratorias y puede dañar el sistema nervioso, en el mismo proceso de soldadura originando óxido de níquel puede causar cáncer al utilizar compuestos de cromo VI para la soldadura MAGM de acero al cromo-níquel con electrodo de alambre tubular. Es necesario utilizar instalaciones de extracción y sistemas de filtrado que funcionen eficazmente para evitar que estos gases y humos peligrosos lleguen al aire ambiente.

El uso extensivo de gases de protección también afecta negativamente al medio ambiente y genera gastos adicionales a las empresas, incluidas las implicaciones medioambientales y los costes del transporte a gran escala de los gases industriales utilizados para la soldadura. Se han aplicado algunas medidas prácticas para resolver estos problemas, como el uso de reguladores de soldadura que reducen la cantidad de gas utilizado al tiempo que mantienen la saturación de la región de soldadura con un flujo de gas menor. Además, el transporte de estos gases tiene una importante repercusión medioambiental. Los procesos criogénicos para licuar el CO<sub>2</sub> y el argón consumen mucha electricidad y producen emisiones ganadas.

Para más información:

Impactos medioambientales del uso de gas de soldadura Por Dr. Hany Nakhla, Dr. Ji Y. Shen y Malcom Bethea 2012,

<https://cdn.ymaws.com/www.atmae.org/resource/resmgr/Articles/Nakhla-Environmental-Impacts.pdf>

Golbabaie, F., & Khadem, M. (2015). Contaminación atmosférica en los procesos de soldadura - Métodos de evaluación y control. En (Ed.), Current Air Quality Issues. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/59793>

*Tema 2. ¿Qué tipo de restos y residuos recibimos en los procesos de soldadura? ¿Qué restos/residuos se pueden reutilizar y reciclar?*



Las principales emisiones/fuentes de contaminación del proceso de soldadura ejecutado al entorno del lugar de trabajo (contaminación del aire, el agua, el suelo, etc.) son las siguientes:

Gases industriales, aerosoles y polvo generados durante los procesos de soldadura: gases de argón al soldar con TIG, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> polvo en suspensión PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, polvo total con compuestos separados MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CuO<sub>2</sub>, NiO<sub>2</sub>, partículas de cromo procedentes de la soldadura de acero austenítico, vapores de ácido nítrico procedentes del decapado químico de las soldaduras, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en caso de soldadura de aluminio.

Radiación UV, polvo, ruido, especialmente en las estaciones de corte por plasma o gas, humos de soldadura, gas activo metálico en caso de soldadura MAG residuos tras la limpieza de las aguas residuales tratadas químicamente del proceso de decapado (lodo neutralizado con partículas de metales pesados coaguladas y restos de esmerilado) el corte con cortadoras de chorro de agua también genera contaminación del agua y grandes cantidades de abrasivo utilizado.

También hay restos y residuos producidos en el lugar de trabajo que pueden agruparse en dos grupos:

- Residuos no peligrosos: chatarra, chatarra de hierro, papel/cartón de embalaje, madera, residuos industriales de tipo 1, residuos metálicos, residuos de amolado, polvos, varillas de electrodos y tapones de varillas de soldadura de electrodos, alambre de soldadura, agujas de soldadura de tungsteno, ropa de protección, piezas de recambio de las máquinas de soldadura, discos de amolar y otras herramientas de amolar,
- Residuos peligrosos: aceite usado, envases que hayan contenido RP, trapos o material empapado en RP, RAEE, pilas usadas, piezas de recambio de las máquinas de soldar.

Algunas emisiones se producen durante la fase preparatoria, la ejecución de las uniones soldadas, el control de calidad y el acabado de la superficie:

- Residuos del proceso de preparación o restos de aberturas de corte (en la mayoría de los casos tratados como chatarra segregada, en función de la forma y las dimensiones, también utilizados para la producción secundaria, por ejemplo, vallas); ruido, chispas, salpicaduras, polvo de amolado, disolventes.

- El polvo y las virutas procedentes del proceso de trituración y limpieza se recogen mediante extractores y filtros y, a continuación, se envían a empresas externas para su eliminación.

-Emisiones en la fase de soldadura: humo, luz, residuos, escoria, proyecciones; el humo se filtra con filtros que contienen bolsas de limpieza que se separan con aire comprimido, el polvo se elimina; las unidades de extracción son revisadas periódicamente por los distribuidores y sustituidas si es necesario.

- Emisiones posteriores al proceso de soldadura: residuos de materiales de esmerilado y pulido, emisiones del horno de tratamiento térmico, residuos de arenado y chorreado de metales, materiales de decapado y pasivado de superficies, residuos de líneas de pintura.

Muy a menudo, los procesos y operaciones de soldadura también dejan gran cantidad de residuos de plástico, cartón y madera en forma de diversos tipos de embalajes, palés dañados, aceites y consumibles (recogidos por empresas externas); cartón utilizado como material de relleno y protección al embalar los productos propios.

### *Tema 3. ¿Cómo gestionar los restos y residuos resultantes de los procesos de soldadura (separar, clasificar, recoger, reutilizar)?*

Pueden aplicarse distintos tipos de procedimientos de recogida y reciclado de los residuos producidos en el lugar de trabajo:

- sistema de gestión de residuos implantado en la empresa, personas delegadas responsables de la recogida y clasificación de residuos en la producción, disponer de registro de residuos (registros medioambientales nacionales de residuos de envases y materiales químicos)
- los residuos se eliminan de acuerdo con procedimientos definidos, se utilizan servicios de empresas especializadas en la recogida de residuos que ayudan a eliminar los residuos de filtros peligrosos
- procedimientos generales de gestión de residuos, notas internas controladas con información sobre la gestión de residuos, guías medioambientales
- procedimientos generales de gestión de residuos aplicados, notas internas controladas con información sobre la gestión de residuos, guías medioambientales.
- procedimientos sobre la secuencia de las operaciones de trabajo: si se recorta, luego se desbarba, se dobla, se suelda

- procedimientos para la recogida de los distintos tipos de materiales de descanso: acero CR17, acero magnético, acero inoxidable; recipientes de recogida para los distintos tipos de descanso
- procedimientos de programación de la máquina CNC en regímenes económicos
- polvo filtrado mediante extracción y eliminado adecuadamente , polvo de molienda barrido en el emplazamiento (mezcla de suciedad normal) y eliminado profesionalmente; esto implica la cuestión del cálculo de la cantidad de emisiones de polvo y metales, así como cuestiones relacionadas con las tasas medioambientales y la recogida y eliminación de residuos, incluida la chatarra puede subcontratarse a empresas externas especializadas.
- utilización de residuos de madera como biocombustible.

Los empleados y aprendices de la empresa adquieren conocimientos sobre estos y otros procedimientos mediante la formación y el desarrollo de competencias en el ámbito de la recogida y el reciclaje de residuos.

La gestión del descanso en los procesos de trabajo de soldadura consta de varias reglas sencillas:

- Llevar los registros diarios de todos los materiales de soldadura consumidos, como varilla de soldadura, disolventes utilizados en la preparación de superficies.
- Mantener cerrados y herméticos los recipientes con compuestos orgánicos volátiles (disolventes) usados para evitar su evaporación. Los operarios que utilicen este tipo de materiales deben tenerlos siempre a la vista en el lugar de trabajo y vigilar su uso.
- Los restos de la soldadura deben clasificarse de acuerdo con los requisitos de eliminación mediante el uso de túneles separados de otros contenedores para varillas de soldadura inutilizables, chatarra, materiales de embalaje.
- La clasificación incluye la separación de la chatarra metálica reciclable (según dimensiones, calidad, etc.) de la chatarra no reciclable. Durante la clasificación, la chatarra de metales ferrosos se separa de la de metales no ferrosos mediante un imán.
- Los residuos de disolventes y los restos contaminados, como trapos y herramientas inservibles empapados con residuos de disolventes, deben eliminarse en contenedores de residuos peligrosos.

- Es necesario evitar que los restos de soldadura, incluidas las virutas y restos metálicos, y los disolventes residuales se liberen en el medio ambiente, especialmente en el suelo y el agua.
- Seguimiento y, en caso necesario, actualización del sistema de gestión de residuos en la empresa mediante el cumplimiento de las responsabilidades de recogida y clasificación de residuos en la producción, inscripción de los restos y residuos en los registros especiales (registros medioambientales nacionales para residuos de envases y materiales químicos).
- La eliminación de los residuos se realiza siguiendo procedimientos claramente definidos; la eliminación de los residuos peligrosos puede delegarse en empresas especializadas en la recogida de residuos.
- Los soldadores deben seguir procedimientos claros y transparentes sobre la secuencia de las operaciones de trabajo para tratar de evitar las no conformidades y el aumento del volumen de descansos.
- El polvo se filtra mediante extracción y se elimina adecuadamente , el polvo de trituración se barre en la obra (mezclándose con la suciedad normal) y se elimina profesionalmente.
- Los restos de madera utilizados para embalar materiales de soldadura y metales pueden utilizarse como biocombustible.

#### *Tema 4. ¿Cómo reducir el volumen de restos y residuos resultantes de los procesos de soldadura?*

Se puede sugerir una amplia gama de métodos aplicados para reducir el volumen de emisiones en cada fase del proceso de trabajo.

En la fase de diseño de productos y construcciones soldadas: minimización del volumen de uniones, teniendo en cuenta el volumen de residuos y sus opciones de gestión resultantes del diseño; posicionamiento de las piezas de trabajo para el corte de las chapas; registro y garantía de trazabilidad de los materiales restantes de las chapas tras el corte para su uso en la producción de otras piezas y productos; optimización del diseño de las uniones soldadas.

En la fase de selección del proceso tecnológico de soldadura: seleccionar los procesos de soldadura más económicos y respetuosos con el medio ambiente para cada caso teniendo en cuenta los requisitos tecnológicos y del producto (sin comprometer la calidad pero evitando regímenes de soldadura excesivos, por ejemplo muy a menudo el uso de la soldadura por arco sumergido para chapas gruesas ayuda a economizar en el corte preparatorio de los bordes de las chapas y a reducir las emisiones de este

proceso); los requisitos excesivos para la soldadura en la fase de diseño a menudo se convierten en la fuente principal del aumento de la contaminación y los residuos; muy a menudo estos excesos en el diseño y la preparación tecnológica del proceso de soldadura se producen debido a la rápida / precipitada ejecución del diseño, la falta de "paciencia" y de tiempo para los cálculos de alta calidad del volumen necesario de materiales.

Para evitar los restos en el proceso de corte de la chapa, las piezas a cortar de las chapas deben colocarse con los huecos intermedios que incluyen la anchura de corte y las tolerancias de medición. Los materiales de chapa restantes deben marcarse y registrarse para garantizar su trazabilidad y permitir su uso en la producción de otras piezas y productos. La mayor cantidad de residuos y el mayor consumo de material se producen en el caso de la fabricación de pequeñas series, en las que los detalles cortados no ocupan toda la superficie de la chapa; los espacios libres pueden entonces rellenarse con piezas para futuros pedidos. La disposición de los elementos en la chapa también debe tener en cuenta la colocación de elementos más pequeños dentro de los agujeros perforados en los detalles más grandes. Lo que ya no se puede utilizar en el proceso de producción se destina a veces a la producción de "subproductos".

Selección adecuada y óptima de los regímenes de soldadura en función de los requisitos tecnológicos del caso concreto; selección óptima de los procedimientos y regímenes de soldadura en función de los tipos de juntas requeridos, control de la selección de los regímenes de soldadura y evitación de aplicar regímenes excesivos en términos de impacto térmico; mientras se ejecutan las soldaduras manteniéndose dentro de los límites de impacto térmico definidos en el procedimiento de soldadura.

Realizar un control de calidad adecuado de las chapas metálicas, evitando las prácticas de economizar en la calidad de los metales utilizando materiales baratos y de baja calidad (oxidados, contaminados, de baja calidad), lo que requiere preparaciones adicionales e implica emisiones adicionales; elegir y utilizar consumibles de soldadura menos "contaminantes", como, por ejemplo, la soldadura con hilos de soldadura sólidos produce muchas menos emisiones que cuando se utilizan hilos de soldadura a base de "polvo".

La aplicación de procedimientos inteligentes de preparación de las materias primas para la soldadura y de regímenes de soldadura óptimos también permite ahorrar en las operaciones de tratamiento de la superficie después de la soldadura (chorro de metal y de arena).

El estricto control de calidad de las hojas de trabajo ayuda a evitar no conformidades antes de la soldadura.

El uso de materiales abrasivos para el tratamiento superficial de las soldaduras puede reducirse utilizando más fresas y placas de esmerilado.



Es posible minimizar el volumen de trabajo de soldadura manteniendo una alta calidad de la soldadura (evitando las reparaciones de las soldaduras); la reducción de las emisiones se busca mejorando la calidad de las soldaduras, seleccionando y afinando la composición de los gases de protección y los hilos de soldadura.

Se recomienda optimizar el volumen y la intensidad de la soldadura procesada mediante la preparación de los bordes antes del proceso de soldadura, para aplicar las soldaduras X, así como para minimizar las zonas de área de soldadura.

Se pueden aplicar soluciones que permitan reducir el gasto de trabajo posterior en la limpieza de la conexión. El paso al trabajo con el uso de robots de soldadura y cortadoras láser (especialmente del tipo de fibra) ayuda a eliminar el factor humano y las no conformidades. Tghis también puede

permiten un mayor aprovechamiento del material de partida y reducen los residuos mediante un anidado optimizado. Los robots realizan soldaduras de forma repetible, lo que, con la elección adecuada de medios y parámetros del proceso tecnológico, conduce a la reducción de defectos.

En el caso de la soldadura MAG se recomienda el uso de gas protector (gas mezclado: argón [silo propio] 92%+ Co2 y oxígeno ayuda a evitar salpicaduras y proporciona un mejor quemado; el arco concentrado (1000 grados) evita la irradiación de calor sobre la pieza de trabajo; el aumento de temperatura es de 1-2 grados a una distancia de 30 cm del cuerpo.

Los soldadores experimentados pueden favorecer una soldadura "más rápida" con el fin de utilizar menos materiales y ahorrar emisiones (sin embargo, conlleva riesgos de errores y no conformidades que pueden aumentar el uso de materiales, consumibles y residuos del proceso de soldadura).

La soldadura por hilo permite al operario utilizar sólo la cantidad de material necesaria para el proceso, sin producir residuos por el uso de metales que excedan las necesidades reales de producción.

El uso de máquinas CNC (cortadoras de plasma, láser) limita significativamente el impacto perjudicial de los procesos de soldadura en el funcionamiento de otras estaciones (mecanizado en un espacio cerrado de máquinas).

Por lo general, el aseguramiento de la calidad de la soldadura implica estrictos procedimientos de gestión de la calidad, la aprobación de la WPS y la preparación de las instrucciones de soldadura, la ejecución de piezas de prueba de soldadura, la certificación de los procesos de soldadura aplicados y de los soldadores en la empresa con los organismos internacionales/nacionales de auditoría y certificación aprobados, norma DIN 15085 -2 (incl. 3834).

La soldadura también puede sustituirse parcialmente por el atornillado y el remachado.

En lo que respecta al tratamiento superficial de las soldaduras, el impacto medioambiental de este proceso depende en gran medida de la calidad y limpieza de la unión soldada recibida. Por ejemplo, la calidad y el impacto medioambiental del decapado de las soldaduras dependen en gran medida de la calidad de la limpieza de la superficie tras la soldadura (las escorias que quedan antes del decapado requieren operaciones adicionales de decapado con implicaciones medioambientales negativas). El tratamiento de superficies mediante pintura requiere un cálculo óptimo del volumen de pintura necesario y la elección del sistema de pintura óptimo (C2, C3, C4, C5) en función de la corrosividad del entorno de uso del producto, evitando un exceso de pintura.

El chorreado de metales para el tratamiento de soldaduras es más respetuoso con el medio ambiente que el chorreado de arena, ya que no se utilizan materiales abrasivos de forma repetitiva.

La elección del soldador con el perfil y el nivel de cualificación adecuados para los procesos de soldadura previstos también es importante para lograr una soldadura sostenible y circular: en este caso, los responsables de producción y recursos humanos pueden utilizar marcos de competencias de soldadores alineados con los niveles de complejidad de las construcciones/objetos soldados.

También se aplican diferentes prácticas/métodos para reducir el volumen de materiales principales (por ejemplo, metales) y consumibles en el proceso de soldadura. Por ejemplo:

- Concentración de las compras de materias primas, integración de materiales procedentes de la ingeniería para aprovechar al máximo las materias primas.
- La aplicación de un diseño ligero y la construcción modular de los productos también permiten ahorrar materiales.
- Las técnicas de diseño de elementos finitos y simulación del rendimiento del producto permiten no sobredimensionar los cordones de soldadura ni la extensión de las propias soldaduras. Como resultado, se generan ahorros en la cantidad de metal depositado, energía consumida, etc.

En el caso del corte de chapa antes del ewloding se producen mayores restos y un mayor consumo de material en el caso de series pequeñas, en las que los detalles cortados no ocupan toda la superficie de la chapa. Los espacios libres pueden entonces rellenarse con elementos para futuros pedidos. La disposición de los elementos en la chapa también debe tener en cuenta la colocación de elementos más pequeños dentro

de los agujeros perforados en los detalles más grandes. Aquí es muy importante la correcta clasificación de los restos de chapa y consumibles de soldadura según el tipo de materiales.

Lo que ya no se puede utilizar en el proceso de producción a veces se puede utilizar para la producción de "subproductos".

Las medidas de seguridad permanentes también son relevantes en este caso, por ejemplo, los precintos de los reguladores de gas instalados después de establecer las condiciones del proceso y los distintos niveles de acceso a los ajustes del proceso de la máquina.

En el campo del tratamiento de soldaduras se pueden considerar opciones para aplicar repetidamente los materiales y consumibles utilizados. Por ejemplo, las aguas residuales filtradas de las unidades y baños de decapado pueden reutilizarse para el mismo fin.

El tratamiento de la superficie de la junta soldada implica diferentes operaciones, como la limpieza de todos los residuos y la contaminación producidos por el fundente de soldadura, el esmerilado y el pulido de las superficies de las juntas soldadas.

En cuanto al rectificado de soldaduras, es importante evaluar las superficies de las propias soldaduras antes de esta operación para verificar si cumple los requisitos de calidad estándar establecidos. Si es así, el rectificado no es necesario. Los perfiles rugosos, los topes de arranque mal formados, los destalonamientos pronunciados y las salpicaduras de soldadura adheridas deben eliminarse mediante **esmerilado** cuidadoso o granallado.

Para más información: [Preparación de superficies - SteelConstruction.info](https://www.steelconstruction.info)

Otra estrategia para reducir las emisiones y los residuos del proceso de soldadura es el uso de equipos de soldadura ecológicos. Este es uno de los objetivos del reglamento de la UE sobre el rendimiento ecológico de las máquinas de soldadura que entrará en vigor el 1 de enero de 2021.

La nueva normativa de la UE aborda los requisitos de diseño ecológico de los equipos de soldadura, lo que incluye los aspectos medioambientales de los equipos de soldadura (como el consumo de energía cuando se utiliza el producto) y la garantía de un nivel de eficiencia con sus recursos. Se calcula que, de aquí a 2030, los requisitos de diseño ecológico de este Reglamento supondrán un ahorro energético anual de 1,09 TWh, lo que corresponde a un ahorro anual total de unas 0,27 Mt equivalentes de CO<sub>2</sub>: mejor para el medio ambiente y más rentable.

Para cumplir *los requisitos de eficiencia energética*, el equipo de soldadura debe estar en línea con la eficiencia de la fuente de alimentación y el consumo de energía en estado de reposo:

Equipos de soldadura alimentados por fuentes de potencia trifásicas con salida de corriente continua (CC). La eficiencia mínima de la fuente de alimentación debe ser *del 85%* y el consumo máximo en estado de reposo debe ser de *50 W*.

Equipos de soldadura alimentados por fuentes de potencia monofásicas con salida de corriente continua (CC). La eficiencia mínima de la fuente de alimentación debe ser *del 80 %* y el consumo máximo en estado de reposo debe ser de *50 W*.

Equipos de soldadura alimentados por fuentes de potencia monofásicas y trifásicas con salida de corriente alterna (CA). La eficiencia mínima de la fuente de alimentación debe ser *del 80 %* y el consumo máximo en estado de reposo debe ser de *50 W*.

Se espera que los proveedores de equipos de soldadura se adhieran a los *requisitos actualizados de eficiencia de los recursos, eficiencia de los recursos actualizada y requisitos de información para garantizar que los equipos de soldadura suministrados sean más respetuosos con el medio ambiente*.

*El consumo de energía del producto y cualquiera de los demás parámetros declarados no se deteriorará tras una actualización del software o del firmware cuando se mida con el mismo patrón de ensayo utilizado originalmente para la declaración de conformidad, excepto con el consentimiento explícito del usuario final antes de la actualización. No se producirá ningún cambio en el rendimiento como resultado del rechazo de la actualización. Una actualización de software nunca tendrá el efecto de cambiar el rendimiento del producto de manera que lo haga no conforme con los requisitos de diseño ecológico aplicables para la declaración de conformidad. Para más información sobre la Directiva: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1784/oj>*

En el ámbito de la formación profesional, una de las principales innovaciones tecnológicas que permiten reducir el volumen de restos es el uso de simuladores de soldadura.

Muchos países tienen experiencia en el uso de estas tecnologías de simulación. Por ejemplo, en Polonia, los estudiantes de la Universidad Politécnica de Cracovia adquieren las habilidades y conocimientos básicos de soldadura trabajando en el simulador de soldadura "VRTEX 360".

El simulador de soldadura utiliza tecnología de realidad virtual que reproduce las condiciones reales de soldadura. Con solo ponerse las gafas de RV, se puede ver una

vista realista del baño de soldadura y oír los sonidos de la soldadura real. "VRTEX 360" también está equipado con un visor de tamaño real y accesorios de soldadura. El simulador ayuda a enseñar los fundamentos del proceso de soldadura por arco y permite a los usuarios adquirir la llamada memoria muscular, es decir, practicar los movimientos correctos de las manos para, entre otras cosas, mantener el ángulo y la dirección correctos de la antorcha. El dispositivo ofrece a los usuarios la oportunidad de conocer procesos de soldadura extendidos, varias técnicas de proceso utilizando muchos tipos de materiales soldados, primarios y secundarios. Los alumnos aprenden sobre distintos tipos de juntas y ajustes del equipo de soldadura, etc. Y todo ello a un bajo coste, ya que sin el consumo real de materiales y con un consumo de energía reducido.

Una característica muy útil del simulador es también la posibilidad de aprovechar varios modos de formación: presentación de los ajustes de la máquina "real", instrucciones del puesto de trabajo, modo de lección, la llamada soldadura de demostración (demostración de una unión perfectamente ejecutada), modo de avisos durante la soldadura virtual, prueba de doblado virtual (permite evaluar inmediatamente la corrección de la ejecución de la unión soldada) o modo de repetición. Esta última funcionalidad permite al alumno y a su tutor seguir el proceso de soldadura virtual desde el principio, comprobar dónde han cometido errores y corregirlos fácilmente.

<https://www.youtube.com/watch?v=iBwKd6fIRH0&t=4s>

El uso de aplicaciones de realidad aumentada para la formación de soldadores también contribuye a salvar el medio ambiente y ahorrar costes:

<https://www.youtube.com/watch?v=npdmFfG6ydA>

<https://www.youtube.com/watch?v=6e2pEXL4IXY>

El caso del uso de la aplicación RA para la formación de aprendices de soldadura en Volkswagen:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ypb77z2nk9g>

El proyecto Erasmus+ DIGIWELD proporciona herramientas digitales para estudiantes de FP, aprendices de soldadura y soldadores que deseen mantenerse al día de las nuevas habilidades y competencias requeridas para las nuevas tecnologías de soldadura. El proyecto ofrece un sistema de aprendizaje digital abierto e innovador



(SIMTRANET) y materiales educativos en tecnología de soldadura, proporcionando una herramienta de aprendizaje flexible para aquellos que buscan mejorar sus habilidades existentes. Conlleva planes de estudios para la formación de soldadores mediante simuladores y la actualización de las Directrices de la UE para el Soldador Europeo/Internacional IAB - 089r5 - 14 y herramienta digital para insertar en simuladores como módulos dedicados a la formación de aprendices (16-20 años). El material didáctico y los planes de estudio para la formación con simuladores digitales de soldadura pueden consultarse aquí: <http://www.digiweld.eu/>

El proyecto "Formación digital para inspectores de soldadura europeos" (D-EWI) ofrece un curso de formación digital innovador para los inspectores de soldadura con materiales educativos digitales abiertos para apoyar la aplicación de tecnologías digitales innovadoras para la enseñanza y el aprendizaje en la EFP inicial y continua en el ámbito de las inspecciones de soldaduras: <https://d-ewiproject.eu/docs/D-EWI%20PR.pdf>

### **Tareas para el aprendizaje autónomo**

Pon a prueba/aplica en tu práctica laboral algunas de las formas y métodos descritos anteriormente para el uso prudente y sostenible de los materiales y consumibles de soldadura. Informa sobre las siguientes cuestiones:

1. ¿En qué medida funciona el método aplicado en el proceso de soldadura del hormigón? ¿Cuál es el ahorro resultante de materiales y consumibles?
2. ¿Cuáles son las carencias/retos a la hora de aplicar esta forma/método de soldadura inteligente y sostenible? ¿Alguna sugerencia sobre cómo afrontar estos retos?

### **Autoevaluación de los resultados del aprendizaje**

Analice las operaciones de soldadura realizadas y responda a las siguientes preguntas:

1. ¿Aplico algún método de uso prudente y sostenible de materiales de soldadura y consumibles? En caso afirmativo, ¿en qué procesos de soldadura se aplican estos métodos?
2. ¿Qué cantidades de materiales de soldadura y consumibles suelo ahorrar en mi trabajo? ¿Es esto un límite o es posible reducir aún más el consumo?
3. ¿Qué nuevos métodos y formas podría aplicar para reducir aún más el consumo de materiales de soldadura y consumibles en mi trabajo?

## **CURSO 3. Preparación inteligente y circular de materiales y piezas de trabajo para la soldadura.**

### **Alcance y resultados del curso**

El objetivo de este curso es adquirir conocimientos y habilidades para preparar piezas metálicas para la soldadura de forma segura y respetuosa con el medio ambiente.

Tras completar este curso, los alumnos serán capaces de:

- Seleccionar formas y materiales respetuosos con el medio ambiente para el corte de cantos y la preparación de la superficie de la chapa.
- Elegir operaciones preparatorias de la superficie y los bordes de las piezas y chapas para reducir el volumen y la intensidad del proceso de soldadura.
- Aplicar los conocimientos sobre cómo preparar las superficies y los bordes de las hojas de trabajo para reducir al mínimo las zonas de soldadura.

### **Destinatarios**

Profesores y formadores de EFP, estudiantes de EFP, soldadores (nivel 4 del MEC).

### **Material didáctico**

*Tema 1. Formas y materiales respetuosos con el medio ambiente para el corte de bordes y la preparación de superficies de chapas. Operaciones preparatorias de la superficie y los bordes de las piezas y chapas para reducir el volumen y la intensidad del proceso de soldadura.*

1. El control del material es necesario antes de la producción, cuando se comprueba la superficie de las chapas aplicadas en la producción en el momento de la entrega; la preparación de la producción implica la comparación de los pedidos individuales entre sí para garantizar la utilización del material; la precisión dimensional debe comprobarse con la máquina VQC y verificarse en la primera pieza.
2. La preparación de los bordes viene definida por los siguientes parámetros 1) tipo de proceso de soldadura, 2) posición de la soldadura, 3) acceso para el arco y el electrodo, 4) volumen de metal de soldadura depositado que debe mantenerse al mínimo, 5) coste de la preparación de los bordes, 6)

contracción y distorsión. Para más información: <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg03/I0300.htm>.

3. En algunas tecnologías de soldadura, como la soldadura de rendija estrecha, la preparación de bordes también puede realizarse mediante oxicorte, lo que aumenta la productividad y reduce parcialmente los residuos incurridos: [https://www.cloos.de/public/processes/brochures/EN\\_Engspaltschweissen.pdf](https://www.cloos.de/public/processes/brochures/EN_Engspaltschweissen.pdf)

### *Tema 2. Preparación de las superficies y bordes de las hojas de trabajo para ji minimizar las zonas de soldadura.*

La preparación inadecuada e insuficiente de las superficies metálicas antes de la soldadura conduce muy a menudo a la no conformidad y al uso no rentable de los materiales, crea residuos adicionales.

1. La limpieza de la superficie del material antes de la soldadura es muy importante para eliminar la suciedad y la mugre evitando la contaminación de la pureza de una soldadura. Esta acción puede ayudar a evitar la porosidad de las soldaduras, ya que la grasa, el aceite o la humedad en la superficie provoca el atrapamiento del gas de soldadura durante el proceso de soldadura.
2. Durante la soldadura se produce cierta contaminación de la superficie soldada: la oxidación se produce cuando el oxígeno llega sin obstáculos al cordón de soldadura. La oxidación de la superficie hace que el metal no sea resistente a la corrosión y requiere un tratamiento adicional. Para evitarlo se utilizan monitores de oxígeno durante la purga de las soldaduras.

Para más información: <https://www.aquasolwelding.com/welding-preparation>

3. Las rebabas causadas por láseres y punzones se eliminan con diferentes máquinas de rectificado de superficies, placas de rectificado y rodillos con la cinta transportadora; doblado de piezas. Para reducir el volumen de dicho esmerilado, se recomienda aplicar el método de conformado en frío y/o tecnologías de soldadura específicas, que permiten evitar las rebabas, como la soldadura más rápida.

### *Tema 3. Utilización de acero producido de forma más respetuosa con el medio ambiente en los procesos de trabajo relacionados con la unión y la soldadura.*

El tema de las tecnologías de producción de acero más ecológicas y de un acero más respetuoso con el medio ambiente es bastante debatido entre investigadores, expertos e industriales. Aquí tiene un enlace a un interesante artículo sobre este

tema: [https://weldingvalue.com/2021/06/how-ready-are-we-for-green-steel/?ref=rns\\_cp](https://weldingvalue.com/2021/06/how-ready-are-we-for-green-steel/?ref=rns_cp)

### **Tareas para el aprendizaje autónomo**

Seleccione 1 -2 procedimientos de preparación de materiales que no haya aplicado nunca en su trabajo y pruébelos en presencia de un supervisor, técnico o ingeniero. Informe de los resultados de la prueba indicando si ha tenido éxito, cuál es el impacto en el consumo de materiales y consumibles, qué problemas o retos se han encontrado al aplicar la recomendación elegida y cómo se pueden resolver estos problemas (se hará más adelante).

### **Autoevaluación de los resultados del aprendizaje**

Examine y discuta sus procesos y procedimientos aplicados de preparación de superficies y bordes en términos de su adecuación a los principios de rendimiento sostenible y "circular" respondiendo a las siguientes preguntas:

- 1) ¿En qué medida las operaciones aplicadas de preparación de la superficie y corte de bordes contribuyen a reducir el volumen de soldadura y las demandas de energía conexas?
- 2) ¿Qué tipo de residuos generan las operaciones de preparación de superficies y corte de cantos? ¿Cuáles son las cantidades medias de estos residuos?
- 3) ¿Es posible omitir/eludir las operaciones de preparación de la superficie y de corte de los bordes modificando los parámetros de soldadura? ¿Cuáles son las ventajas/desventajas de esta solución?

## **CURSO 4. Operaciones de soldadura/unión circular.**

### **Alcance y resultados del curso**

El objetivo de este curso es adquirir conocimientos y habilidades para aplicar soluciones tecnológicas inteligentes y circulares de regímenes de soldadura.

Tras completar este curso, los alumnos serán capaces de:

- Reconocer las características de las soluciones tecnológicas y los regímenes de soldadura inteligentes y circulares.
- Saber mantenerse dentro de los límites del impacto térmico definidos en el procedimiento de soldadura.
- Aplicar los conocimientos sobre regímenes inteligentes de soldadura (régimen de impulsos, regímenes sinérgicos, soldadura por arco sumergido y sus combinaciones, uso de la soldadura por contacto en lugar de la soldadura de junta completa).
- Conocimientos técnicos para aplicar procesos CNC (cortadoras de plasma, láser) con el fin de limitar el impacto perjudicial de los procesos de soldadura en la operación en las demás etapas (por ejemplo, mecanizado en el espacio cerrado de la máquina).

#### **Destinatarios**

Profesores y formadores de EFP, estudiantes de EFP, soldadores (nivel 4 del MEC).

#### **Material didáctico**

*Tema 1. Las características de las soluciones tecnológicas y los regímenes de soldadura inteligentes y circulares.*

La sostenibilidad de la soldadura depende de la velocidad de soldadura, los costes del sistema de soldadura, la calidad de las materias primas, el tiempo de procesamiento aplicado, los metales de aportación utilizados y la calidad del cordón. La producción de los componentes y consumibles del sistema de soldadura también desempeña un papel importante, ya que requiere la extracción de materias primas.

En lo que respecta al papel de las tecnologías y equipos de soldadura aplicados, la fiabilidad y versatilidad de los sistemas de soldadura contribuyen a la eficacia de los procesos de soldadura al permitir a los operarios utilizar la tecnología adecuada para aumentar la velocidad de soldadura, manteniendo siempre una alta calidad y conservando las condiciones ideales, lo que permite prescindir de células de producción enteras y contribuye a reducir el uso de energía y recursos de producción.

Las soluciones tecnológicas en los distintos procesos de soldadura pueden ayudar a evitar la acumulación de descansos y a mejorar la intensidad y la eficacia del trabajo. Por ejemplo, el uso de procesos con electrodo sin fin (MAG) ayuda a evitar los descansos de los electrodos soldados y las pausas para cambiar los electrodos. Por estas y otras características, el proceso MAG es muy sostenible y limpio, al igual que



la soldadura por arco metálico con gas láser. Estos procesos de soldadura son muy rápidos y requieren menos material de relleno.

Parámetros del proceso de soldadura que ayudan a reducir las emisiones nocivas:

1. **Amperaje:** empezar a soldar con el amperaje más bajo posible que permita una penetración suficiente de la soldadura.
2. **Uso de gas:** no utilice gas CO2 al 100% en lugar de una mezcla de gas argón, ya que aumenta el calor en el arco y más vaporización de metal y humos.
3. **Limpieza de la superficie metálica antes de soldar:** limpiar adecuadamente la superficie metálica antes de soldar para evitar los humos, especialmente eliminar los residuos de disolventes, pintura, aceite, inhibidores de óxido, zinc en acero galvanizado. Utilizar un producto decapante para eliminar los contaminantes y cualquier residuo que quede antes de iniciar la soldadura.
4. **Equipos de soldadura:** a la hora de elegir los equipos de soldadura, la empresa debe prestar atención al impacto medioambiental del proceso de soldadura relacionado y a la forma en que los equipos contribuyen a reducirlo.

He aquí algunos consejos para realizar procesos de soldadura de forma económica:

1. **Elimine las soldaduras excesivas controlando el tamaño adecuado de las soldaduras y utilizando impresiones.**
2. **Reduzca la cantidad de refuerzo** en las soldaduras de pasada múltiple en una junta de ranura apuntando justo por encima del enrasado para evitar el relleno insuficiente.
3. En aplicaciones en las que la penetración no es importante o deseada, como el recargue duro, utilice CC para conseguir mayores velocidades de deposición.
4. **Reducir las holguras, lo que** aumenta el volumen de soldadura necesario para alcanzar la misma capacidad de carga.
5. **Controle el uso de gas de protección** no utilizando más caudal del necesario, así como comprobando que no haya sobrecargas ni fugas.
6. **Aumentar el diámetro del electrodo** para la soldadura con electrodo o mig para lograr mayores tasas de deposición.
7. **Considerar el fileteado intermitente en lugar del continuo para las soldaduras que no transmiten toda la carga de la estructura tras consultar con el personal de ingeniería.**
8. **Seleccione el proceso adecuado** en función de la aplicación.
9. **Coloque correctamente el trabajo** para una **eficiencia óptima** maximizando la soldadura en posición plana u horizontal.
10. **Utilizar accesorios.**

**11. Utilice procedimientos y procesos que eliminen las salpicaduras** - Considere la posibilidad de utilizar gas 90/10 en lugar de C25 o CO2 al 100%, así como soldadura pulsada en lugar de soldadura CV.

**12. Mantenga su equipo de soldadura en buen estado.**

Para más información: [12 ideas para reducir los costes de soldadura | WELDING ANSWERS](#)

Aplicar regímenes de soldadura que no requieran la preparación mecánica de las superficies antes de soldar, por ejemplo, el arco especial EWM para la soldadura de acero no requiere la preparación de los materiales para la soldadura.

Para más información: [Utilizar procesos de soldadura respetuosos con el medio ambiente para minimizar la contaminación \(blueandgreentomorrow.com\)](#)

13. La calidad y el impacto medioambiental del decapado de las soldaduras dependen en gran medida de la calidad de la limpieza de la superficie tras la soldadura (las escorias que quedan antes del decapado requieren operaciones de decapado adicionales con implicaciones medioambientales negativas). Por lo tanto, es necesario limpiar la superficie de las piezas soldadas antes del decapado.

14. El tratamiento de la superficie mediante pintura requiere un cálculo óptimo del volumen de pintura necesario y la elección del sistema de pintura óptimo (C2, C3, C4, C5) en función de la corrosividad del entorno de uso del producto, evitando una pintura excesiva.

15. El uso del granallado metálico para el tratamiento de superficies es más respetuoso con el medio ambiente que el granallado con arena, debido al uso repetitivo de materiales abrasivos.

16. El uso de las soldaduras en X ayuda a minimizar las zonas de soldadura y a reducir el volumen del tratamiento superficial posterior de las soldaduras.

17. El uso de fresas y placas de rectificado para el tratamiento superficial y el acabado de las soldaduras contribuye a reducir el uso de materiales abrasivos.

18. El consumo de gases de soldadura puede reducirse significativamente utilizando válvulas de protección especiales en el recipiente de gas:  
<https://www.youtube.com/watch?v=TikJL1VSp3Q>

La apertura de estas válvulas ayuda a ajustar la cantidad de gas. Una regla práctica para ello **Cantidad de gas (litros/minuto) = diámetro del alambre (milímetros) x 10**. Por ejemplo, si se utiliza un electrodo de hilo con un diámetro de un milímetro, bastan diez litros por minuto en un taller cerrado. Si hay corriente de aire, se necesita un poco más de gas.

<https://blog.perfectwelding.fronius.com/en/welder-settings/>

19. Utilización de herramientas que ayuden a definir los parámetros óptimos de soldadura:

<https://weldingvalue.com/2020/03/find-right-tig-welding-parameters/#27e461fb>

*Tema 2. Regímenes típicos de soldadura inteligente (régimen por impulsos, regímenes sinérgicos, soldadura por arco sumergido y sus combinaciones, utilización de la soldadura por contacto en lugar de la soldadura de junta completa).*

### **Soldadura por arco sumergido (SAW)**

Investigadores de Alemania sugieren que en la soldadura de una chapa de 20 mm de espesor de aceros estructurales, LAHW es la mejor opción en cuanto al impacto medioambiental causado, debido a que su alta densidad de potencia permite proceder a la soldadura con el menor número de pasadas y volumen total de soldadura, además de permitir una alta velocidad de soldadura, una alta productividad y un menor consumo de electricidad y gas. Según estos autores, el menor impacto medioambiental en LAHW está garantizado por la mejor relación entre la potencia consumida y el tiempo de soldadura, cuando la baja eficiencia se ve compensada por el ahorro de tiempo de soldadura. El material de aportación y la energía eléctrica pueden optimizarse mediante la ampliación de la anchura de la cara de raíz y un ángulo de apertura menor. El consumo de energía eléctrica podría reducirse considerablemente aumentando la eficacia de la fuente del haz.

También identificaron que el proceso MMAW, debido a su bajo rendimiento, a la necesaria preparación de los bordes y al enquistamiento de los electrodos, provoca los mayores efectos medioambientales. Este efecto puede minimizarse aplicando separaciones de raíz y ángulos de apertura más pequeños.

La reducción de los ángulos de apertura conlleva una reducción aproximada del 40 % del nivel de impacto ambiental.

Sproesser et al también sugieren que los movimientos de los robots de soldadura de todas las tecnologías requieren un menor consumo de electricidad. La preferencia de la tecnología LCA por los efectos medioambientales positivos debe evaluarse a la luz de los distintos requisitos del proceso de soldadura, como la preparación de los bordes, las distintas posiciones de soldadura y la movilidad del equipo.

Los soldadores que trabajan con procesos de soldadura manual se enfrentan a mayores riesgos para la salud que en los procesos automáticos, lo que sugiere minimizar la aplicación de procesos de soldadura manual y mantener a los soldadores fuera de la zona de proceso en los procesos de soldadura automática. La evaluación de los riesgos de la soldadura para la salud no debe limitarse al impacto de los humos de soldadura, sino que también debe incluir otros factores, como los riesgos eléctricos, térmicos y de radiación que se producen en el lugar de trabajo.

El uso de la soldadura por arco sumergido para chapas gruesas ayuda a economizar el corte preparatorio de los bordes de las chapas y a reducir las emisiones de este proceso.

Para más información: Sproesser, G., Chang, YJ., Pittner, A., Finkbeiner, M., Rethmeier, M. (2017). Tecnologías sostenibles para la soldadura de chapas gruesas. En: Stark, R., Seliger, G., Bonvoisin, J. (eds) Fabricación sostenible. Producción sostenible, ingeniería y gestión del ciclo de vida. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_5)

Nimker y Wattal (2020) investigaron la utilización de escoria de soldadura por arco sumergido (SAW) como fundente fresco para la sostenibilidad. En la prueba añadieron ciertos elementos de aleación a la escoria triturada para ajustar la composición resultante del metal de soldadura según American Welding Society (AWS) A5.17 y las características operativas como la estabilidad del arco. Seleccionando variables controlables como la velocidad de soldadura, el voltaje del arco, la velocidad de alimentación del hilo de soldadura y la distancia de la boquilla a la placa como parámetros del proceso, compararon las soldaduras producidas con fundente fresco, escoria pura y escoria reciclada. El análisis de la resistencia mecánica, la microestructura y los defectos de soldadura muestra una mejora significativa en las probetas de soldadura producidas con escoria reciclada, mientras que los ensayos de tracción e impacto revelaron que las soldaduras realizadas con escoria reciclada eran capaces de cumplir los requisitos de la AWS.

Para más información: Deepanjali Nimker & Reeta Wattal (2020) Recycling of submerged arc welding slag for sustainability, Production & Manufacturing Research, 8:1, 182-195, DOI: [10.1080/21693277.2020.1774813](https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1774813)

En el caso de la soldadura MAG, el uso de gas protector (gas mezclado: argón [silo propio] 92% + Co<sub>2</sub> y oxígeno) ayuda a evitar salpicaduras y proporciona un mejor quemado; el arco concentrado (1000 grados) evita la irradiación de calor a la pieza de trabajo; el aumento de temperatura es de 1-2 grados a una distancia de 30 cm del cuerpo.

Una soldadura más rápida también ayuda a ahorrar materiales de soldadura y reduce las emisiones. Sin embargo, conlleva riesgos de errores y no conformidades, lo que puede aumentar el uso de materiales, consumibles y residuos del proceso de soldadura.

El régimen de pulsos en soldadura ayuda a controlar el aporte térmico y a regular el volumen de energía, utilizando regímenes sinérgicos de soldadura que ayudan a controlar y optimizar el consumo de energía.

Uso de soldadura por arco sumergido o combinación de regímenes de soldadura con soldadura por arco sumergido para la soldadura de chapas de alto espesor (por

ejemplo, en la soldadura de chapas de 100 mm la raíz de la soldadura se suelda mediante soldadura semiautomática, el resto de la soldadura con el tractor de soldadura por arco sumergido mediante el uso del alambre de 4 mm de diámetro), lo que permite reducir el número de pasadas de soldadura.

Un mayor uso de la soldadura por contacto (soldadura por puntos) en lugar de la soldadura de juntas completas también ayuda a economizar consumibles de soldadura y a ahorrar tiempo.

Otros procesos de soldadura sostenibles son la soldadura por fricción, la soldadura al vacío y la soldadura difusiva. La soldadura por fricción, al utilizar la energía térmica de la fricción, elimina la necesidad de fundente y materiales auxiliares; la soldadura al vacío utiliza hidrógeno para soldar; la soldadura difusiva combina presión y calor para producir uniones de alta calidad, eliminando también la necesidad de fundente.

La organización del trabajo de soldadura también puede mejorar significativamente la sostenibilidad de los procesos de soldadura. Aquí se pueden aplicar diferentes enfoques de organización lean del trabajo. Manzanares-Cañizares et al. (2015) analizan la aplicación de la metodología lean 5S en la organización del trabajo en soldadura. La metodología 5S tiene como objetivo mejorar y mantener la organización, el orden y la limpieza del lugar de trabajo. El objetivo es mejorar las condiciones de trabajo aumentando la seguridad mediante la eliminación o mitigación de riesgos. En nuestro caso, la metodología tiene un doble objetivo: mejorar las condiciones de trabajo reduciendo los riesgos para las personas que intervienen en la fabricación de los productos y, al mismo tiempo, reducir el riesgo de cordones de soldadura defectuosos. La metodología se basa en el análisis holístico y el control de los procesos de soldadura en la producción siguiendo las 5 fases de la organización lean del trabajo: SEIRI-SORT: identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios, desechando estos últimos; UBICAR EN ORDEN: establecer cómo deben estar ubicados e identificados los materiales necesarios para que puedan encontrarse, utilizarse y reponerse fácil y rápidamente; SEISO-SHINE: identificar y eliminar las fuentes de suciedad, garantizando la limpieza de los equipos y del lugar de trabajo. SEIKETSUS-STANDARDISE: distinguir las situaciones de producción normales de las anormales mediante reglas sencillas SHITSUKES-SUSTAIN: trabajar con las reglas y principios establecidos en las fases anteriores.

El estudio de Manzanares-Cañizares et al (2022) indica que el uso de esta metodología en la organización de los procesos de trabajo de soldadura puede mejorar significativamente la sostenibilidad de los procesos de soldadura mediante la reducción de las operaciones de transporte innecesarias dentro de la empresa, la mejora del almacenamiento de materiales, la prevención de la contaminación de chapas y consumibles de soldadura, la prevención de la contaminación cruzada en el uso de diferentes materiales, la reducción de las no conformidades en la soldadura y la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo. Para más información:

Manzanares-Cañizares, C.; Sánchez-Lite, A.; Rosales-Prieto, V.F.; Fuentes-Bargues, J.L.; González-Gaya, C. A 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. Sustainability 2022, 14, 6499. <https://doi.org/10.3390/su14116499>.

#### **Tareas para el aprendizaje autónomo**

Seleccione 1 -2 procedimientos de soldadura inteligentes descritos que no haya aplicado nunca en su trabajo y pruébelos en presencia de un supervisor, técnico o ingeniero. Informe sobre los resultados de la prueba indicando si ha tenido éxito, cuál es el impacto en el consumo de materiales y consumibles, qué problemas o retos se han encontrado al aplicar la recomendación elegida y cómo se pueden resolver estos problemas (se hará más adelante).

#### **Autoevaluación de los resultados del aprendizaje**

¿Qué procedimientos de soldadura y consejos económicos son los más pertinentes y adecuados para los procesos de soldadura que usted practica? ¿Por qué?  
¿Qué ahorro puede obtenerse aplicando las prácticas de soldadura inteligentes que prefiera? ¿Cómo se podrían mantener y aumentar estas ganancias?

### **CURSO 5. Control de la utilización de materiales de soldadura y consumibles para la soldadura circular y con arco.**

#### **Alcance y resultados del curso**



El objetivo de este curso es adquirir conocimientos y competencias sobre el control y la distribución de materiales y consumibles de soldadura de acuerdo con los principios de la economía circular.

Tras completar este curso, los alumnos serán capaces de:

- reconocer y señalar a tiempo los casos de consumo excesivo de materiales y consumibles de soldadura,
- organizar un control de calidad adecuado de las chapas, evitando las prácticas de economizar en la calidad de los metales utilizando materiales baratos y de baja calidad (por ejemplo, oxidados, contaminados),
- con la aprobación/supervisión de los ingenieros de soldadura, seleccionar y utilizar consumibles de soldadura menos "contaminantes", como, por ejemplo, hilos de soldadura sólidos que producen muchas menos emisiones que cuando se utilizan hilos de soldadura a base de "polvo".

### **Destinatarios**

Profesores y formadores de EFP, supervisores y técnicos de soldadura (nivel 5 del MEC).

### **Material didáctico**

*Tema 1. Reconocer y señalar oportunamente los casos de consumo excesivo de materiales y consumibles de soldadura.*

En el artículo "**How To Reduce Energy Consumption When Welding**" (26 de abril de 2022) los autores analizan las posibilidades de ahorrar costes energéticos de la soldadura ante el significativo impacto de la soldadura en el consumo excesivo de energía que tiene un impacto perjudicial para el calentamiento global.

Sugieren cuatro consejos para reducir el consumo de energía al soldar:

1. Examinar la eficiencia energética de los equipos de soldadura, calcular los costes totales de funcionamiento del consumo de energía de los equipos cuando sueldan y cuando están inactivos para decidir sobre la sustitución de los equipos de soldadura actuales por los últimos aparatos de soldadura con mayor eficiencia energética, gases de protección sostenibles y otras mejoras.
2. Abordar el consumo de energía en ralentí mediante el uso de sistemas de refrigeración incorporados que cortan el consumo de energía cuando está en ralentí, lo que permite obtener más del 80% de eficiencia en ralentí, aplicando

el modo de espera en equipos de soldadura antiguos, o apagando la fuente de alimentación cuando el equipo de soldadura está en ralentí.

3. Utiliza la tecnología Inverter, que permite producir más potencia de salida utilizando una potencia de entrada mucho menor, al convertir la potencia de entrada en corriente continua, reduciendo sustancialmente la potencia de entrada y aumentando la eficiencia energética global.
4. El uso de herramientas de monitorización de potencia, que ayudan a realizar un seguimiento del consumo de energía durante el proceso de soldadura, especialmente mediante la aplicación de software y aplicaciones basadas en Internet en este campo, que proporcionan los datos clave, incluyendo el voltaje, el arco de soldadura, información de calor, etc., lo que ayuda a tomar decisiones relevantes sobre el ahorro de energía. La mayoría de estas herramientas también disponen de una interfaz fácil de usar con controles digitales sencillos que permiten acceder fácilmente a las estadísticas disponibles.

Para más información: <https://usgreentechnology.com/how-to-reduce-energy-consumption-when-welding-2/>

Los materiales de soldadura pueden controlarse de forma sostenible siguiendo las recomendaciones que se ofrecen a continuación:

1. El documento de planificación para el uso de materiales de soldadura debe ser preparado por ingenieros de soldadura u otros miembros del personal responsables y este documento debe servir como abasis para la expedición de materiales de soldadura para el período de tiempo definido (semana, 2 semanas, etc.).
2. El contenido de humedad de los electrodos de soldadura debe comprobarse antes de su expedición y, si es necesario, deben volver a secarse.
3. Los capataces preparan el formulario o documento especial de cesión de material de soldadura para cada soldador, que debe prever la separación de los distintos tipos de electrodos (por ejemplo, electrodos de baja aleación/bajo hidrógeno).
4. Los electrodos de diferentes tipos y características deben guardarse en los lugares de trabajo en cajas diferentes para evitar su uso indebido.

5. Los electrodos no utilizados y dañados deben recogerse en las cajas o contenedores especiales para su reutilización o reciclado.
6. Los consumibles de soldadura deben almacenarse adecuadamente hasta un 70% de humedad relativa, protegidos de la intemperie u otras condiciones adversas. Las instalaciones de almacenamiento deben instalarse para mantener la temperatura constante a las variaciones de la temperatura exterior (calefacción, acondicionamiento).

Para más información:

<https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/product/welding/managing-welding-consumables>

*Tema 2.* Seleccionar y utilizar consumibles de soldadura menos "contaminantes", como, por ejemplo, hilos de soldadura macizos que producen muchas menos emisiones que cuando se utilizan hilos de soldadura a base de "polvo". Actualmente existen diferentes opciones y soluciones tecnológicas sobre cómo reducir el impacto medioambiental negativo de los consumibles de soldadura, especialmente sobre cómo tratar la contaminación de los lugares de trabajo de soldadura y del medio ambiente con los humos procedentes del uso de electrodos de soldadura.

Por ejemplo, los humos de soldadura pueden reducirse aplicando un nanorrevestimiento de aluminio a los electrodos de soldadura convencionales (Sivapirakasam, 2015). Un alambre de soldadura de núcleo antes de su recubrimiento de fundente se sumerge en un sol que contiene isopropóxido de aluminio, para obtener una fina película de nanorrevestimiento de alúmina. Estos electrodos nanorrevestidos reducen la concentración de humos hasta un 62% en la zona de respiración del soldador, cuando se compara con la concentración de los electrodos no revestidos. También se observó una reducción sustancial de la concentración de componentes metálicos en los humos de los electrodos revestidos.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615008653>

Del mismo modo, se pueden aplicar electrodos cubiertos con cobre, que también reducen la producción de humos en los lugares de trabajo:

<https://www.welding-alloys.com/news/sustainability-starts-at-the-cored-wire/>

**Tareas para el aprendizaje autónomo**

Describe y comente los procedimientos y prácticas que aplica actualmente para controlar el uso de materiales y consumibles de soldadura. ¿En qué medida y cómo contribuyen estos procedimientos y prácticas al ahorro de materiales y consumibles de soldadura?

### **Autoevaluación de los resultados del aprendizaje**

¿Cómo se controla el consumo de materiales y consumibles en la soldadura? ¿Cómo se informa a los soldadores de los riesgos del consumo excesivo y se les enseña a afrontarlos?

¿Tiende a seleccionar y utilizar consumibles de soldadura menos "contaminantes", como, por ejemplo, hilos de soldadura macizos que producen muchas menos emisiones que cuando se utilizan hilos de soldadura a base de "polvo"? ¿Cuáles son los factores que apoyan esta decisión? ¿Qué factores no permiten utilizar consumibles de soldadura menos "contaminantes"?