

## Análisis comparativo de procesos de unión mecánica sostenible en la construcción de estructuras metálicas

### Sustainability comparison of mechanical joining methods in metal structure construction.

Quinto Pazmiño Naomy Tahiz, Quinto Calero Carlos Antonio, Ing. Santiago Bustamante Sánchez, Kleber Javier Barba Barba.

#### INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA: IMPACTO MULTIDISCIPLINAR

Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025

- ✓ Recibido: 21 /02/2025
- ✓ Aceptado:27/02/2025
- ✓ Publicado: 30/06/2025

#### PAÍS

- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo

#### INSTITUCIÓN

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

#### CORREO:

- ✉ [naomyquintopazmino@tsachila.edu.ec](mailto:naomyquintopazmino@tsachila.edu.ec)
- ✉ [carlosquintocalero@tsachila.edu](mailto:carlosquintocalero@tsachila.edu)
- ✉ [santiagobustamante@tsachila.edu.ec](mailto:santiagobustamante@tsachila.edu.ec)
- ✉ [kleberbarba@tsachila.edu.ec](mailto:kleberbarba@tsachila.edu.ec)

#### ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-6375-9010>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0002-1852-4075>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-6273-4075>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-2068-1955>

#### formato de cita apa.

Quinto, N. Quinto, C. Bustamante, S. Barba, K. (2025). Análisis comparativo de procesos de unión mecánica sostenible en la construcción de estructuras metálicas. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1.). 1967 – 1980.

#### Resumen

La investigación aborda el "Análisis comparativo de procesos de unión mecánica sostenible en la construcción de estructuras metálicas" y tiene como objetivo evaluar los procesos de unión mecánica, como la soldadura y las juntas empernadas, para identificar las alternativas más eficientes y ecológicas. Se emplea un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, lo que permite comprender los impactos técnicos y ambientales de cada técnica. A través de un análisis descriptivo, se examinan diferentes técnicas de unión, como las soldadas y las empennadas, enfocándose en la sostenibilidad, durabilidad, eficiencia y viabilidad económica de los materiales. El diseño transversal de la investigación facilita la recopilación de datos y la identificación de tendencias en la industria. El análisis incluye revisiones bibliográficas de libros, tesis y sitios web, además de un análisis cuantitativo mediante el cálculo de diagramas de vigas. Los resultados proporcionan recomendaciones para la industria de la construcción, con el fin de optimizar costos y mejorar la calidad de las estructuras metálicas. La soldadura, por su parte, permite una mayor flexibilidad en el diseño, uniendo piezas de diversas formas y tamaños de manera eficiente, lo que facilita la creación de estructuras complejas. Además, es un método más rápido en comparación con otras uniones, como las juntas empennadas, lo que acelera el proceso de construcción.

**Palabras clave:** Estructuras metálicas, Unión juntas empennadas, Soldadura, Cubiertas, Galpón.

#### Abstract

The research addresses the "Comparative analysis of sustainable mechanical joining processes in the construction of steel structures" and aims to evaluate mechanical joining processes, such as welding and bolted joints, to identify the most efficient and environmentally friendly alternatives. Both a qualitative and quantitative approach is employed, allowing to understand the technical and environmental impacts of each technique. Through a descriptive analysis, different joining techniques, such as welded and bolted, are examined, focusing on the sustainability, durability, efficiency and economic viability of the materials. The cross-sectional design of the research facilitates data collection and the identification of trends in the industry. The analysis includes bibliographic reviews of books, theses and websites, in addition to a quantitative analysis through the calculation of beam diagrams. The results provide recommendations for the construction industry, in order to optimize costs and improve the quality of steel structures. Welding, on the other hand, allows for greater flexibility in design, joining pieces of various shapes and sizes efficiently, making it easier to create complex structures. It is also a faster method compared to other joins, such as bolted joints, which speeds up the construction process.

**Keywords:** Metal structures, bolted joint connections, Welding, Roofs/Covers, Shed/Warehouse.

## Introducción

La construcción de estructuras metálicas ha ganado relevancia en las últimas décadas debido a su versatilidad, resistencia y durabilidad. Sin embargo, el crecimiento del sector también ha planteado desafíos significativos en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. En este contexto, el análisis de los procesos de unión mecánica se convierte en un aspecto crítico, ya que estas uniones son fundamentales para la integridad estructural y el rendimiento general de las edificaciones. En la construcción de estructuras metálicas para edificaciones sostenibles, se consideran diversas técnicas de unión mecánica de los componentes metálicos, tales como soldadura, atornillado y remachado. Cada uno de estos procesos tiene un impacto diferente en la sostenibilidad del proyecto, en términos de consumo energético, durabilidad, reciclabilidad de material.

Los métodos tradicionales de unión, como la soldadura, el atornillado y el remachado, presentan ventajas y desventajas que afectan tanto la eficiencia del proceso constructivo como el impacto ambiental asociado. En este análisis comparativo se propone evaluar estos métodos desde una perspectiva sostenible, considerando no solo su eficacia técnica y económica, sino también su huella ecológica y su capacidad para contribuir a un desarrollo más responsable dentro del sector de la construcción. a través de esta revisión, se espera identificar las prácticas más sostenibles que pueden ser adoptadas en la industria, fomentando así una construcción más consciente del medio ambiente y alineada con los objetivos globales de sostenibilidad

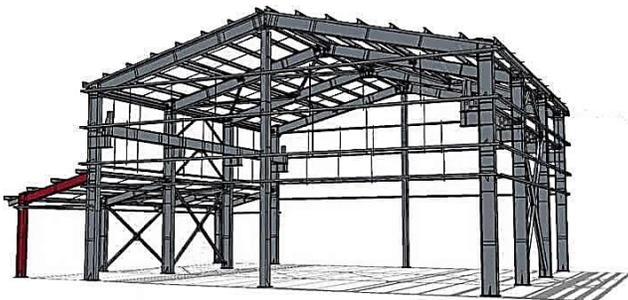
Los procesos de unión mecánica sostenible en la construcción de estructuras metálicas es una evaluación crítica que permite seleccionar el método más adecuado desde la perspectiva de la eficiencia energética, la durabilidad, la sostenibilidad ambiental, los costos asociados y la facilidad de reciclaje. A continuación, se detalla cómo se podría realizar este análisis comparativo, considerando los tres procesos principales de unión mecánica en la construcción de estructuras metálicas.

---

## Métodos y Materiales

Estructuras metálicas Una estructura metálica, es una obra civil que está sostenida principalmente por perfiles ya que no utiliza agua en su edificación, lo que acelera tiempo y ahorros económicos. Desde los primeros puentes metálicos hasta los edificios comerciales y residenciales más modernos, el acero se ha utilizado cada vez más en la construcción civil desde el siglo XVIII, lo que permite soluciones audaces y eficientes para innumerables tipos de trabajo (Lesnik, 2022).

**Figura 1** estructura metálica de una edificación



Fuente: MIC (2024)

### Componentes de elementos que son resistentes para las estructuras metálicas

Cimientos o cimentación

Soportes

Muros de carga o portantes

Viga

Cercha

Forjado

Arco

Dintel (publicas, 2021)

---

## Aplicaciones de las estructuras metálicas en la construcción

Las aplicaciones de las estructuras metálicas en la construcción son diversas y abarcan **una** amplia gama de proyectos de arquitectura e ingeniería (ALVINOX, 2024).

- Edificios
- Puentes y viaductos
- Naves industriales y almacenes
- Instalaciones deportivas y recreativas
- Infraestructura urbana (ALVINOX, 2024)

Las uniones mecánicas son elementos que sirven para mantener la posición relativa entre varias piezas, es decir, limitan el movimiento entre las piezas a unir (movimiento lineal y/o rotacional) y los grados de libertad de estas. También se conocen como sujetadores. Las piezas se unen mediante elementos auxiliares, generalmente metálicos, denominados herrajes que son los responsables de transmitir los esfuerzos. Son los más empleados en la actualidad ya que mejoran los rendimientos de las uniones tradicionales. En las uniones mecánicas deben evitarse un exceso de elementos metálicos, ya que la unión estará mejor resulta cuantas menos piezas metálicas contenga y más simple sea su ejecución (Bearcat, 2020).

Las uniones soldadas dan por resultado una unión rígida entre dos o más componentes. Normalmente el proceso de unión se realiza mediante la aplicación de calor a dos componentes de materiales iguales o similares, además se puede aplicar, o no, material a la unión. El calor hace que los materiales se fundan uniendo las distintas partes y dando como resultado un cordón de soldadura. El espesor del cordón dependerá de los espesores de los componentes que se unen. Durante el proceso de ejecución se deben proteger los materiales de los gases de la atmósfera. Existen distintos tipos de soldadura según cómo se produce la fusión de los materiales. Las principales uniones soldadas que se utilizan en el sector de la industria son (Bearcat, 2020).

---

### **Tipos de uniones soldadas**

Soldadura por arco.

Soldadura por láser.

Soldadura con gas.

Soldadura por puntos (Pérez, 2024).

### **Tipos de soldadura por arco eléctrico**

Soldadura por electrodo o SMAW

Soldadura MIG/MAG semiautomática GMAW

Soldadura TIG o GTAW

Soldadura de arco sumergido o SAW (Sumatec, 2025).

### **Tipos de posiciones de soldadura**

Posición de soldadura plana

Posición de soldadura horizontal

Posición de soldadura vertical

Posición de soldadura sobre la cabeza

Posición de soldadura plana (Soldexa, 2022)

Una junta emperrada es un tipo de unión no permanente conformada por elementos mecánicos como: piezas, pernos o tornillos, tuercas, arandelas y empaque de por medio según sea el caso de aplicación. En donde el perno es el elemento fundamental para realizar la unión de miembros en una estructura, equipos mecánicos, equipos de transporte, tuberías, entre otras., el mismo que lo convierte en un proceso rápido y con mano de obra menos especializada a comparación de las uniones permanentes por remaches o soldadura (JUAN, 2024)

Juntas a cortante.

Juntas a tracción

Juntas de rigidización

Juntas con arandelas

---

Juntas en ángulo

## Análisis de Resultados

Como primer objetivo mostraremos cuales son los principales procesos de unión mecánica (unión soldada y junta empernada) estos métodos son los principales procesos de unión mecánica que se utiliza en la construcción de estructuras metálicas.

**Tabla 1** Proceso de unión soldada utilizados en la construcción aplicadas en la construcción de estructuras metálicas

	<b>UNION SOLDADA</b>
<b>JUNTA A TOPE</b>	Se juntan dos piezas sobre el mismo plano para proceder al proceso de soldarlas para su unión (SEAS, 2023).
<b>JUNTA DE SOLAPE</b>	los materiales se superponen para que la soldadura se forme en la unión de las superficies (SEAS, 2023).
<b>JUNTA DE BORDE</b>	Consiste en situar ambas piezas de forma paralela donde sus bordes chocan o coinciden (SEAS, 2023).
<b>JUNTA DE ESQUINA</b>	Cuando las piezas forman un ángulo de $90^\circ$ , es decir, tienen forma de "L" (SEAS, 2023).
<b>JUNTA EN "T"</b>	Es un tipo de unión de soldadura similar al de esquina, pero en este caso los dos materiales forman una "T" (SEAS, 2023).

**Fuente:** SEAS (2023)

**Tabla 2** Proceso de juntas empernadas utilizados en la construcción de estructuras metálicas:

<b>JUNTA EMPERNADA</b>	
<b>UNIONES RESISTENTES A COMPRESIÓN</b>	Indica que se admitirá la transmisión por lo tanto se evita toda posibilidad de desplazamiento. (PICAZO IRANZO, 2007).
<b>ATORNILLADO</b>	La forma de trabajar de los tornillos es análoga a la de los roblones, de ahí que el cálculo de las costuras atornilladas, así como su morfología, sean las mismas y se puedan estudiar de manera conjunta (PICAZO IRANZO, 2007).
<b>TORNILLOS</b>	Tiene que posible el desmontaje de la unión con frecuencia y fácilmente suelen ser muy fiables (PICAZO IRANZO, 2007).

<b>UNIONES ATORNILLADAS</b>	<b>VIGA ARTICULADAS.</b>	<b>SOPORTE</b>	Permiten la unión se ejecuta enlazando el alma de la viga con dos angulares con el ala o alma del pilar (PICAZO IRANZO, 2007).
<b>UNIONES VIGA – SOPORTE</b>			Flexión y cortadura, que transmite sus cargas a otro, sometido principalmente a compresión (PICAZO IRANZO, 2007).

**Fuente:** PIZAZO IRANZO (2007)

Los resultados obtenidos muestran que los procesos de unión mecánica (Unión soldada) son predominantes en la construcción de estructuras metálicas debido a que las uniones soldadas bajo las condiciones mostradas en la tabla 1, tiene una mejor capacidad para ofrecer una mayor resistencia estructural y continuidad en el material, lo que las hace ideales para aplicaciones donde se requiere una unión fuerte y duradera.

Los resultados obtenidos muestran que los procesos de unión mecánica (juntas empernadas) son predominantes en la construcción de estructuras metálicas debido a que las juntas empernadas bajo las condiciones mostradas en la tabla 2 tiene una mejor capacidad para permitir el desembalaje de las piezas fácilmente, lo que facilita el mantenimiento y la reparación.

Como segundo objetivo se mostraremos en las presentes tablas, en la cual se mostrará los datos de resistencia a la tracción, compresión, elasticidad y dureza que se aplican en los procesos de unión soldada y juntas empernadas, así mismo sus ventajas y desventajas para la construcción de estructura metálicas

**Tabla 3** Ventajas y desventajas del proceso de unión soldada, así tener una mayor perspectiva sobre su capacidad para ser aplicada en la construcción de estructuras metálicas

<b>JUNTA SOLDADA</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>La capacidad de unir secciones que difieren notablemente (Logistic, 2025).</b>	Es necesario remover la escoria y en caso de no hacer una limpieza adecuada entre cordones se pueden presentar discontinuidades (Exelair, 2025).
<b>Posibilidad de unir tuberías, ofreciendo protección frente a fugas (Logistic, 2025).</b>	Proceso lento debido a la baja tasa de deposición (debido a que el electrodo tiene una longitud mínima de consumo) y a la necesidad de limpieza (Exelair, 2025).

<b>Ideal para instalaciones eléctricas ya que brinda buena conductividad eléctrica (Logistic, 2025).</b>	Pierde eficiencia en espesores mayores a 28 mm (Exelair, 2025).
<b>Bordes limpios y lisos presentando una apariencia uniforme (Logistic, 2025).</b>	No es aplicable para metales con bajo punto de fusión (Afuera, 2018) (Exelair, 2025).
<b>Las uniones son permanentes (Logistic, 2025).</b>	Se requiere una mayor destreza por parte del operador (Exelair, 2025).

*Nota.* Datos tomados de Logistic (2025) y Exelair (2025)

**Tabla 4** Ventajas y desventajas del proceso de unión juntas empernadas, así tener una mayor perspectiva sobre su capacidad para ser aplicada en la construcción de estructuras metálicas

<b>JUNTAS EMPERNADAS</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>Economía y Simplicidad: Las estructuras empernadas es su economía (Sánchez M. , 2024).</b>	Sensibilidad al Corrosión: no se aplican tratamientos adecuados a los pernos y componentes metálicos (strucasa, 2024).
<b>Flexibilidad y Adaptabilidad: ofrecen una flexibilidad notable durante la fase de montaje (Sánchez M. , 2024).</b>	Requieren Espacio: pueden requerir más espacio en comparación con conexiones soldadas (strucasa, 2024).
<b>Durabilidad y Mantenimiento: no sufren de los mismos riesgos de fatiga que pueden afectar a las soldaduras, especialmente en zonas de alta tensión (Sánchez M. , 2024).</b>	Requerimiento de Instalación Especializada: requiere personal calificado y herramientas específicas. (strucasa, 2024).

Datos tomados de Sánchez (2025) y Strucasa (2025)

Mientras que en ventajas unión soldada nos mostrarán como resultado sobre su resistencia, su continuidad, su versatilidad, su costo la estética, así mismo se muestra las desventajas la cuales son la deformación, la calidad, del trabajo, costo de los equipos o la mano de obra.

También de como resultados mostramos sobre las ventajas de las uniones juntas empernadas que son su economía, su durabilidad y el mantenimiento debido a que son estructuras desmontables, pero también mostramos sus desventajas que son sensibilidad a la corrosión, requerimiento de instalaciones especializadas y que también requieren de mucho espacio.

Como tercer objetivo nos basaremos en un el tipo de unión mecánica más utilizados (unión soldada y junta empernada) a través de esta investigación propondremos un proceso de unión mecánica para una edificación de estructuras metálicas.

**Tabla 5** Proceso de cada unión mecánica (junta soldada y junta empernada) por lo cual tenemos como objetivo proponer un proceso de unión mecánica para una edificación de estructuras metálica.

UNIÓN MEDIANTE JUNTA SOLDADURA	UNIÓN MEDIANTE JUNTA EMPERNADA
<b>La soldadura en 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. Proceso en el que se fusionan materiales, generalmente metales, utilizando calor, presión o ambos para crear una unión permanente. Es uno de los métodos más utilizados en la industria de la construcción, fabricación de maquinaria y automoción, entre otros (CEIF, 2025).</b>	Una junta empernada es un tipo de unión no permanente conformada por elementos mecánicos como: piezas, pernos o tornillos, tuercas, arandelas y empaque de por medio según sea el caso de aplicación. En donde el perno es el elemento fundamental para realizar la unión de miembros en una estructura, equipos mecánicos, equipos de transporte, tuberías, entre otras., el mismo que lo convierte en un proceso rápido y con mano de obra menos especializada a comparación de las uniones permanentes por remaches o soldadura (DANIEL, 2023).

Fuente: Datos tomados de CEIF (2025) y DANIEL (2023)

Para las estructuras metálicas se recomienda la unión soldada por principalmente por la resistencia y rigidez que ofrecen, también crean una conexión continua entre las piezas, esto resulta que la transferencia de carga sea más eficiente y reduzca el riesgo de fallos estructurales. También son menos susceptibles a la corrosión en comparación con los pernos, ya que no hay espacios donde se pueda acumular humedad. Además, las juntas soldadas suelen ser más

compactas, lo que puede ahorrar espacio y peso en la estructura en comparación con las uniones mecánicas, como las empernadas

### **Conclusiones**

Se determinó que en la construcción de estructuras metálicas es necesario saber identificar los principales procesos de uniones mecánicas (juntas soldadas y juntas empernadas). Las juntas soldadas se forman al fundir los materiales base y, en algunos casos, agregar un metal de aporte. Esto crea una unión continua y fusionada. Las juntas empernadas utilizan tornillos o pernos para unir los componentes. Los pernos se insertan a través de agujeros en los materiales y se aseguran con tuercas o arandelas. Por lo cual esto facilita conocer las variaciones que podemos llegar a tener para proponer un diseño de estructura. Por lo cual cada unión se debe elegir cuidadosamente dependiendo del proyecto mecánico que se esté realizando.

Los tipos de soldadura, las características de estos procesos, el acabado final, la resistencia mecánica que tienen cada uno de ellos, ventajas y desventajas permiten que se pueda concluir que proceso es mejor y se puede llevar a cabo en un proyecto estructural. Mientras que una unión de junta soldada muestra como resultado su resistencia, su continuidad, su versatilidad, su costo, la estética, así mismo se muestra las desventajas las cuales son la deformación, la calidad del trabajo, costo de los equipos o la mano de obra. Se realizó un análisis exhaustivo sobre las ventajas y desventajas de cada tipo de unión, que permite decidir cuál es el mejor proceso para un proyecto de un galpón para este caso es la unión soldada.

Para una construcción de estructura metálica la mejor opción de unión es la junta soldada principalmente por su resistencia, rigidez y estética; además las juntas soldadas son más compactas en comparación de otras uniones mecánicas.

---

## Referencias bibliográficas

- Acero, V. P. (25 de Enero de 2025). *Tipos de cerchas que puedes encontrar*. Obtenido de VH Palabra de acero: <https://vh.cl/blog/que-tipos-de-cerchas-existen/>
- Afuera, C. C. (5 de Junio de 2018). *Tipos de puentes colgantes y sus características*. Obtenido de COCOA: <https://ccocoa.com/tipos-de-puentes-colgantes-y-sus-caracteristicas/>
- Alsimet. (28 de 02 de 2022). *Los 5 metales más usados en la construcción*. Obtenido de Alsimet: <https://alsimet.es/es/noticias/los-5-metales-mas-usados-en-la-construccion>
- ALVINOX. (9 de Febrero de 2024). *Explorando las estructuras metálicas: tipos, características y consideraciones*. Obtenido de ALVINOX: <https://www.alvinox.com/estructuras-metalicas-tipos-caracteristicas-consideraciones/#:~:text=Las%20estructuras%20abovedadas%20son%20aquellas,sin%20necesidad%20de%20soportes%20intermedios.>
- Bearcat. (07 de Octubre de 2020). *Clases de uniones mecánicas*. Obtenido de Bearcat : <https://bearcat.es/2020/10/07/clases-de-uniones-mecanicas/#:~:text=Las%20uniones%20mec%C3%A1nicas%20son%20elementos,Tambi%C3%A9n%20se%20conocen%20como%20sujetadores.>
- Carigliano, S. (1 de Noviembre de 2024). *Tipos de Soportes en Análisis Estructural*. Obtenido de SkyVic: <https://skyciv.com/es/docs/tutorials/beam-tutorials/types-of-supports-in-structural-analysis/>
- CEIF, F. (27 de Enero de 2025). *Qué es la soldadura y cuántos tipos de soldadura existen*. Obtenido de Formacion CEIF: <https://formacionceif.es/actualidad/que-es-la-soldadura-y-cuantos-tipos-de-soldadura-existen/>
- construcciones, E. (19 de Enero de 2025). *TIPOS DE CIMENTACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de EIGO construcciones: <https://eigoconstrucciones.com/noticia/tipos-de-cimentaciones-construccion/#tipos-de-cimentaciones>
-

DANIEL, P. P. (15 de Agosto de 2023). *DISEÑO DE UNA JUNTA EMPERNADA*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/24865/1/CD%2013563.pdf>

domingoserna. (13 de Julio de 2021). *Elementos que forman una estructura metálica*. Obtenido de DOMINGO SERNA: <https://domingoserna.com/news/elementos-forman-las-estructuras-metalicas/>

Exelair. (27 de Enero de 2025). *Ventajas y Desventajas de los procesos de soldadura*. Obtenido de Exelair: <https://exelair.com.mx/ventajas-y-desventajas-de-los-procesos-de-soldadura/>

Guachon, V. E. (15 de Marzo de 2009). *Diseño de conexiones soldadas*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8497/3/CD-2066.pdf>

JUAN, D. P. (24 de Noviembre de 2024). *DISEÑO DE UNA JUNTA EMPERNADA TRABAJANDO A FATIGA COMPONENTE: DISEÑO DE UNA JUNTA EMPERNADA TRABAJANDO A FATIGA*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/24865/1/CD%2013563.pdf>

Lesnik, G. (5 de Agosto de 2022). *¿Qué son las estructuras metálicas?* Obtenido de construccion en seco: <https://construccionenseco.net/estructuras-metalicas-definicion-tipos-y-caracteristicas/>

Logistic, E. (27 de Enero de 2025). *Ventajas de la soldadura, ¡manos a la obra!* Obtenido de Eurowel Logistic: <https://euroweld.es/ventajas-de-la-soldadura/>

Pérez, M. J. (2 de Enero de 2024). *Soldadura por arco: Todo lo que debe saber*. Obtenido de METALMECANICA: <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/soldadura-por-arco-todo-lo-que-debe-saber>

---

PICAZO IRANZO, Á. (11 de Mayo de 2007). *MEDIOS DE UNIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS*. Obtenido de Universidad Politecnica de Madrid: <https://oa.upm.es/3786/1/Picazo-E15.pdf>

publicas, C. d. (23 de Diciembre de 2021). *Las estructuras y su clasificación*. Obtenido de Colegio de ingenieros tecnicos de obras publicas: <https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/1075/ingenieria-civil-para-dummies-las-estructuras-y-su-clasificacion/>

revistaconstruye. (04 de Julio de 2022). *Los tipos de vigas*. Obtenido de revistaconstruye: <https://revistaconstruye.com.mx/los-tipos-de-vigas/>

ROYAL, C. R. (15 de Enero de 2024). *SIMULACIÓN DE UNA JUNTA EMPERNADA*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25390/1/CD%2014086.pdf>

Sánchez, M. (8 de Mayo de 2024). *Ventajas de la Estructura Metálica Empernada Frente a la Soldada*. Obtenido de Linked in: <https://es.linkedin.com/pulse/ventajas-de-la-estructura-met%C3%A1lica-empernada-frente-soldada-s%C3%A1nchez--142ye#:~:text=La%20conexi%C3%B3n%20empernada%20es%20un,obra%20y%20tiempo%20de%20construcci%C3%B3n.>

SEAS, B. (5 de Abril de 2023). *Tipos de uniones en la soldadura*. Obtenido de Blog SEAS: <https://www.seas.es/blog/produccion-mantenimiento/tipos-de-uniones-en-la-soldadura/>

Soldexa. (29 de Marzo de 2022). *Cuatro tipos principales de posiciones de soldadura*. Obtenido de Soldexa: [https://esab.com/pe/sam\\_es/esab-university/blogs/4-main-types-of-welding-positions/](https://esab.com/pe/sam_es/esab-university/blogs/4-main-types-of-welding-positions/)

strucasa. (25 de Octubre de 2024). *Conexión emperrada*. Obtenido de STRUCASA: [https://strucasa.com.ar/wiki/conexion-emperrada/#elementor-toc\\_\\_heading-anchor-15](https://strucasa.com.ar/wiki/conexion-emperrada/#elementor-toc__heading-anchor-15)

---

Sumatec. (03 de Febrero de 2025). *¿Cuáles son los diferentes tipos de soldadura?* Obtenido de

Sumatec: <https://empresa.sumatec.co/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-soldadura/>

---