



CARACTERIZACIÓN DE UNIONES SOLDADAS EN CARROCERÍAS AUTOMOTRICES MEDIANTE ANÁLISIS VISUAL A CAPA GALVÁNICA

Leonardo Josué Torres Loor
Instituto Superior Tecnológico “Luis Arboleda Martínez”, Manta,
Manabí, Ecuador.
torres.l.8556@istlam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-6211-471X>

Dayanna Jamileisy Mendoza Espinales
Instituto Superior Tecnológico “Luis Arboleda Martínez”, Manta,
Manabí, Ecuador.
mendoza.d.0777@istlma.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-5467-0386>

Eudaldo Renan Saltos Loor
Instituto Superior Tecnológico “Luis Arboleda Martínez”, Manta,
Manabí, Ecuador.
e.saltos@istlam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-2971-2872>

José Ricardo Macías Barberán
Universidad Técnica de Manabí. Departamento de Ciencias Agronómicas.
Portoviejo, Manabí, Ecuador.
jose.macias@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2857-6867>

Autor para correspondencia: torres.l.8556@istlam.edu.ec

Recibido: 27/04/2024 **Aceptado:** 01/06/2024 **Publicado:** 12/07/2024

RESUMEN

La finalidad de esta investigación fue analizar por medio de herramientas visuales el porcentaje de deformación y pérdida de la capa protectora de zinc en las láminas de carrocerías utilizando soldadura con alambre Mig-Brazing y comparar su calidad con la soldadura oxiacetilénica, comúnmente

utilizada en talleres de reparación artesanal de carrocerías en el Ecuador, las láminas de ensayo fueron sometidas en solución salina, provocando que la corrosión acelere su proceso. Para llevar a cabo el proceso se estableció estudiar las utilidades de transformación de galvanización en presencia de la corrosión, posteriormente se comenzó a detallar el equipo



necesario para la soldadura con hilo Mig-Brazing CuSi3 y por último se realizaron las pruebas respectivas de soldaduras en láminas de carrocerías con el alambre Mig-Brazing CuSi3 y someter el cordón de soldadura a proceso corrosivo, para determinar el porcentaje de eliminación de la capa de protectora de zinc se llevó a cabo un análisis de inspección visual en la que se determinó que la soldadura oxiacetilénica desprendió en mayor cantidad la capa protectora de zinc frente a la soldadura Mig y se evidenció una mayor característica, distintiva entre ambas soldaduras. Las

evidencias demuestran que la solución salina al llevar las láminas a un proceso de corrosión controlada en ellas se pudo demostrar el nivel de avance de la corrosión entre ambas soldaduras. Quedo demostrado que la soldadura Mig-Brazing CuSi3 es su eficiente al evitar reventar la capa de zinc evitando que el metal base se oxide y brindar protección a largo plazo.

Palabras clave: Carrocerías, corrosión, deformación, galvanización, láminas, soldadura.

CHARACTERIZATION OF WELDED JOINTS IN AUTOMOTIVE BODIES BY MEANS OF VISUAL GALVANIC LAYER ANALYSIS

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze, using visual tools, the percentage of deformation and loss of the protective zinc layer in the bodywork sheets when using Mig-Brazing wire welding and compare its quality with oxyacetylene welding, commonly used in workshops. of artisanal body repair in Ecuador, for which the test sheets were subjected to saline solution, causing the corrosion to accelerate its process. To carry out the process, it was established to study the utilities of galvanization transformation in the presence of corrosion, subsequently the

necessary equipment for welding with Mig-Brazing CuSi3 wire began to be detailed and finally the respective tests of welding on sheets were carried out. of car bodies with the Mig-Brazing CuSi3 wire and subjecting the welding bead to a corrosive process, to determine the percentage of removal of the zinc protective layer, a visual inspection analysis was carried out in which it was determined that the oxyacetylene welding The protective layer of zinc was released in greater quantity compared to Mig welding and a greater distinctive characteristic between both welds was evident. The evidence shows that the saline solution, by taking



the sheets to a controlled corrosion process, could demonstrate the level of corrosion advancement between both welds. It was demonstrated that Mig-Brazing CuSi3 welding is efficient in avoiding bursting the zinc layer, preventing the base metal from oxidizing and providing long-term protection.

Keywords: Corrosion, deformation, bodywork, galvanization, sheets, welding.

INTRODUCCIÓN

Las soldaduras se dan por medio de un proceso de fusión que consiste en utilizar calor originado por una llama, donde se obtiene a partir de la combustión del gas acetileno con oxígeno, con el objetivo de desleír un metal. Debido a los inconvenientes que se producían con las soldaduras, los fabricantes de vehículos impidieron la utilización de estos equipos. A raíz de esta prohibición, se empezaron a utilizar los equipos de soldadura MIG-MAG, estos conseguían soldar las piezas alcanzando una temperatura no superior a los 1500 °C, que comparado a los 3000 °C de la soldadura oxiacetilénica, presumía una mejora en cuanto a la eliminación de la capa protectora de las piezas soldadas. (Gasso *et al.*, 2023)

El proceso de soldadura por fusión utilizando el calor generado por la

combustión del gas acetileno con oxígeno, implica el proceso de deslizamiento de un metal mediante la aplicación de calor, como se indicó anteriormente la prohibición de su uso, dio respuesta a que se adoptaran nuevos equipos como es MIG-MAG considerándose una mejora especialmente en términos de la eliminación de la capa protectora de las piezas soldadas.

De acuerdo con Romero (2021), la soldadura Mig-Brazing es aquella en la que el arco eléctrico logra una temperatura de unos 850 °C y el material de aportación es una aleación de cobre y silicio al 3% (también conocido como CuSi3), todo esto protegido por un gas inerte como puede ser el helio o el argón.

MATERIALES Y MÉTODOS

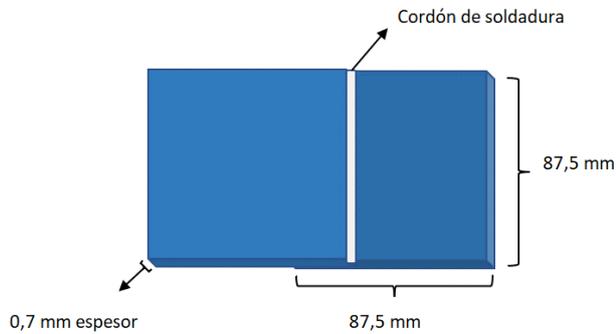
Materiales

La investigación se la realizó en la ciudad de Manta, en el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez en las instalaciones del laboratorio de mecánica automotriz, para llevar a cabo el proceso se necesitaron de materiales, y la aplicación de métodos de soldadura.

- Pistola para soldar
- Gas protector (Argón)
- Válvula de presión
- Carrete de alambre



- Vestimenta de protección
- Cascos y protectores
- Delantal o chamarra de cuero
- Capucha o gorro de cuero
- Guantes
- Botas con punta de acero



El material de aportación se utiliza externamente mediante varilla y si procede también fundente, esta varilla debe ser de la misma composición que las piezas a unir.

Métodos

Según Varol (2016), indica que con el fin de reducir el riesgo de la evaporación de zinc y la unión metalúrgica de aceros con recubiertos, nuevos procesos de soldadura con un menor suministro de calor han empezado a ganar fuerza, por ejemplo, el proceso de Mig - Brazing que combina la ventaja del proceso MIG (que es la alta tasa de deposición, alta velocidad de soldadura y adaptable a la automatización) y Brazing (sin ninguna fusión intensa de las partes soldadas y sin ninguna alteración apreciable de las propiedades mecánicas del metal base y el recubrimiento aplicado).

Para realizar el ensayo se utilizó el método de soldadura Mig- Brazing CuSi3, que consiste en una suelda por arco, que utiliza como gas protector el argón y como material de aporte el hilo continuo de cobre-silíce (CuSi3).

Tipo de uniones

Unión a traslape de filete. En esta unión las juntas van una sobre la otra, utilizada generalmente en la carrocería de automóviles.

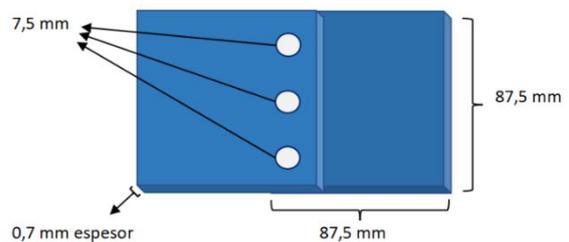
Figura 1. Medidas unión a traslape de filete

Fuente: Moreira et al. (2022)

Unión a traslape de tapón o ranura.

En esta soldadura una pieza se traslapa con otra con el fin de soldar las ranuras o incisiones que se realicen en ellas.

Figura 2. Medidas unión a traslape de tapón o ranura



Fuente: Moreira et al. (2022),

Las láminas de acero fueron cortadas con una cizalladora en dos trozos uniformes. Estas fueron correctamente alineadas y encajadas, asegurando que las láminas no se desplacen.



Procedimiento de unión para soldadura MIG en cupones de chapa revestida de zinc.

- Utilizar equipo de protección personal y tener la sección donde se va a trabajar en orden evitando posibles accidentes.
- Revisar los materiales necesarios para el proceso, como la máquina de soldar, el material de aporte contenido dentro de la máquina (rollo de alambre), el gas de aporte (argón). Se debe asegurar la correcta superficie de contacto.
- Cortar las láminas de acero de la plancha con una tijera de hojalatero, con medidas de 87,5 mm y 87,5 mm. Se realizaron agujeros con la ayuda de un taladro con broca de 7,5 mm perforando la lámina que se ubicará en la parte superior, se realizaron 5 ensayos o muestras con este alambre, con unión de filete y 5 ensayos para unión de ranura.
- Ubicar la pinza de masa en un lugar cerca para el correcto paso de la corriente. Además, es importante recalcar que la punta del alambre de la pistola debe quedar corta.
- Comenzar a soldar a una distancia de 30-50 cm del ojo humano para evitar quemaduras.

La distancia del alambre a las láminas de prueba debe ser al menos de 5 mm.

Procedimiento de soldadura autógena o soldadura oxiacetilénica con aporte en cupones de chapas revestidas de zinc.

La soldadura oxiacetilénica se lleva a cabo por la combustión del oxígeno y el acetileno que es el gas con el mayor poder calórico, permitiendo que el metal de aporte fluya fundido sobre la superficie del metal base.

En este tipo de soldadura hay que verificar el estado de la boquilla y el soplete para evitar el retroceso de la llama; así mismo mantener la distancia adecuada entre la boquilla y la lámina a soldar.

Una vez regulado el soplete, y elegido el material de aporte se distinguió la posición de la varilla y el soplete. Se utilizó la posición a derecha en la cual el material de aportación se situó detrás del soplete, el sentido de avance es tal que la llama se dirige hacia la zona ya soldada.

Cabe destacar que en este proceso de soldadura también se realizaron 5 pruebas de soldadura a traslape o filete y 5 muestras de soldadura en unión a tapón. Con los mismos espesores y medidas mencionadas anteriormente.

Prueba de solución salina-desprendimiento de zinc



Después de realizados los procesos de soldadura, se determinará el nivel de calidad de las láminas, de los ambos tipos de suelda empleados.

Del mismo modo luego se procedió a pesar todas las láminas una vez limpias en su totalidad con la ayuda de una gramera de alta precisión MH-Series Pocket Scale de capacidad MH-200 (200g/0,01g).

Tabla 1. *Suspendiese Peso de cupones soldados con MIG y soldadura oxiacetilénica.*

CUPONES OXIACETILÉNICA	PESO g	CUPONES MIG	PESO g
CO1	83,63	CM1	85,78
CO1	84,73	CM2	86,35
CO3	85,45	CM3	85,47
CO4	83,62	CM4	86,56
CO5	82,28	CM5	88,73
CO6	83,83	CM6	82,68
CO7	85,09	CM7	81,29
CO8	84,85	CM8	83,39
CO9	84,80	CM9	84,98
CO10	84,54	CM10	81,48

Fuente: Moreira et al. (2022)

Para calcular el desprendimiento de zinc en cada una de las láminas es necesario aplicar solución con sal, y determinar por inspección visual cuál de las lamina tiene mayor aceleración de oxidación.

De acuerdo con Ferrer et al, (2015) manifiesta que la ASTM “American

Society for Testing and Materials y diversos grupos industriales se dedicaron a hacer estudios para eliminar este problema y fue cuando se encontraron que al realizar pruebas en parachoques de automóviles y partes plateadas había diferencias de 22 a 296 semanas, con materiales de las mismas características, debido a los resultados obtenidos se concluyó que la prueba de niebla salina era imprecisa en partes cromadas.

Según la norma ASTM- 117, las proporciones de sal y agua necesarios son así; cloruro de sodio al 5% y 1 litro de agua purificada.

Para lograr estas proporciones se multiplicó $0.053 \times 1000g$, obteniéndose 53 gramos de solución salina para litro de agua. (American Society for Testing Materials, 2011)

Una vez realizada la mezcla, se procedió a hervirla a una temperatura controlada de 35°C para ajustar sus niveles de Ph (6,5-7,2), luego las lamina se sumergieron en la solución salina por 2 segundos.



Figura 3. *Pesaje de cantidad de sal para prueba de solución salina.*

Fuente: Moreira et al. (2022)

Para realizar la prueba de solución salina se necesitaron 3,5 litros de agua con 185,50 gramos de sal para sumergir en su totalidad las láminas en la solución salina.

Figura 4. *Sumersión de cupones en solución salina*



Fuente: Moreira et al. (2022)

Luego se procedió a retirar las muestras y se sumergieron en agua limpia para eliminar restos de sal presentes en las placas. Luego se pusieron a secar. (American Society for Testing Materials, 2011)

Las muestras recubiertas de zinc fueron inspeccionadas cada 60 minutos durante 24 horas y se atomizaron con la solución salina.

Figura 5. *Atomización de cupones cada hora con solución salina*



Fuente: Moreira et al. (2022).

Al final del proceso se procedió a limpiar los cupones con agua a 38°C (100 °F) y una vez secos se pesaron nuevamente.

RESULTADOS

Como resultados esta investigación demostró que esta soldadura se oxidó porque se calienta más que otras, lo que causa que se reviente el zinc, demostrando que no es una soldadura buena o apropiada para este tipo de carrocería. Para identificar el tipo de soldadura presente en cada cupón; se marcaron con corrector cada una de ellas, para evitar así confusiones. Mas detalles pueden verse en las figuras 5 y 6.



Figura 6. *Anverso cupones MIG.*

Fuente: Moreira et al. (2022)



Nota. Códigos CM significa cupón Mig y se enumeraron todos para identificarlos.

Figura 7. Reverso cupones MIG

Fuente: Moreira et al. (2022)

Por inspección visual se determinó que la forma de la soldadura MIG presenta características visualmente estéticas con un acabado de costura simple y presenta poco desprendimiento de zinc, es decir baja erosión del revestimiento y las láminas de metal sufrieron levemente una deformación. No existió presencia de escoria en la soldadura, únicamente en el cupón CM2 y CM6 pero ligeramente (figura 7).

Figura 8. Anverso cupones oxiacetilénica



Fuente: Moreira et al. (2022)

Nota. Códigos CO significa cupón Oxiacetilénica y se enumeraron todos para identificarlos.

Figura 9. Reverso cupones



oxiacetilénica

Fuente: Moreira et al. (2022)

Por inspección visual se pudo determinar que los cupones sometidos a la soldadura oxiacetilénica con aporte presentaron un desprendimiento de zinc bastante evidente y las características físicas de los cupones se perdieron casi en su totalidad, pues estos cambiaron de color y presentación por varios lados debido a que fueron sometidos a presiones muy altas de tal modo que se deformaron considerablemente como se puede observar en las figuras 9 y 10. Además, desprendía un polvo negro.

Antes de someter los cupones a la prueba de solución salina, fueron limpiadas con un cepillo seco. De tal modo que se pudo apreciar el desprendimiento de zinc en forma de polvo blanco y este tuvo un pesaje de 0,54 gramos en total de



los 10 cupones soldados con oxiacetilénica.

Figura 10. Desprendimiento de zinc oxiacetilénica



CUPONES OXIACEILÉNICA	PESO 1 (gramos g)	PESO 2 (gramos g)	DIFERENCIA DE PESO g	CUPONES MIG	PESO 1 (gramos g)	PESO 2 (gramos g)	DIFERENCIA DE PESO g
CO1	83,63	83,69	0,06	CM1	85,78	85,81	0,03
CO2	84,73	84,78	0,05	CM2	86,35	86,39	0,04
CO3	85,11	85,11	0,00	CM3	86,47	86,49	0,02
CO4	83,67	83,67	0,00	CM4	86,56	86,60	0,04
CO5	83,20	82,92	0,28	CM5	86,73	86,70	0,03
CO6	83,83	83,80	0,03	CM6	87,65	87,70	0,05
CO7	85,09	85,09	0,00	CM7	87,37	87,36	0,01
CO8	84,91	84,91	0,00	CM8	87,39	87,42	0,03
CO9	84,80	84,84	0,04	CM9	84,98	84,99	0,01
CO10	84,04	83,54	0,50	CM10	84,88	84,88	0,00

intenso.

Figura 11. Desprendimiento de zinc MIG



Fuente: Moreira et al. (2022)

Al finalizar la prueba de solución salina los resultados fueron los siguientes:

Cambio de peso de cupones sometidos a prueba de solución salina.

Nota. Peso 1 (Peso de los cupones soldados y limpios antes de la prueba salina). Peso 2 (Peso de

cupones limpios después de la prueba de solución salina). Diferencia de peso (peso 1 menos peso 2). Elaborado por los autores.

Como se puede observar, los cupones que pasaron por el proceso de soldadura MIG, luego de la prueba de solución salina se obtuvieron 0,27 gramos que se consideran material corrosivo.

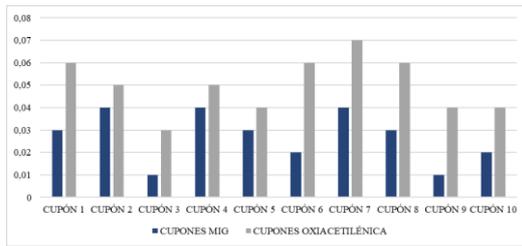
Tabla 2. Nula tempus

Por otro lado, la soldadura oxiacetilénica obtuvo 0,50 gramos de corrosión entre los 10 cupones, que comparado con la soldadura MIG es casi el doble y es que las altas presiones y temperaturas incrementaron estos parámetros. Y es que al tener mayor pérdida de zinc los cupones de oxiacetilénica quedaron mucho más expuestas a la abrasión, desgaste y corrosión. Así mismo la temperatura a que fueron sometidos los cupones en la prueba salina ayudaron mucho a acelerar el proceso de corrosión.

El cambio de peso de cupones sometidos a prueba de solución salina. Se representa en la siguiente figura.



Figura 12. Cambio de peso de cupones sometidos a prueba de solución salina



Nota. Azul representa el peso adicional de cupones soldados con MIG- Brazing y gris representa el peso adicional en gramos de los cupones soldados con oxiacetilénica. La variación de pesos está expresada en gramos.

Sin duda la prueba de solución salina aceleró el proceso de corrosión y dejó en evidencia la calidad de la soldadura MIG frente a la soldadura oxiacetilénica.

Se debe dejar en claro, que cuando se presenta la corrosión también sucede la pérdida de masa, pero la corrosión va un poco más rápida que la pérdida de masa.

DISCUSIÓN

El proceso de galvanización es una tecnología utilizada en el sector del automóvil para tutelar el acero de la corrosión, pero debido a influencias ambientales externas, por ejemplo, la capa de zinc se destruye durante el proceso de soldadura a temperaturas muy severas. (Tello de León, 2019)

Los equipos utilizados para realizar la soldadura fuerte MIG deben estar

completos y cumplir con las normas de seguridad necesarias para garantizar la calidad y reducir riesgos como perforación o deformación del material a soldar, deben cumplir con condiciones ambientales apropiadas.

Con ayuda del análisis visual y las pruebas salinas, se puede determinar nivel de calidad de las soldaduras MIG en comparación con la soldadura con oxicomustible que utiliza metal de aportación. (Moreira Cedeño y Chiquito Rodríguez, 2022)

El nivel de calidad de ambas soldaduras es muy diferente. Esto se debe a que la soldadura con oxicomustible tiene mayor adherencia y libera más zinc, lo que resulta en una oxidación más rápida que la soldadura MIG respetuosa con el medio ambiente. Zinc, liberado en cantidades muy pequeñas. (Joel Ezequiel Moreira Cedeño Kevin, Santiago Chiquito Rodríguez, 2022)

CONCLUSIONES

En la investigación realizada se utilizó una soldadura Mig Cusi3 debido a su eficiencia al evitar reventar la capa de zinc, la cual evita que el metal base se oxide, además brinda una protección a largo plazo contra los diversos ambientes que son sometidos estos materiales, garantizando un mejor sistema estructural.



Las propiedades que se tienen al trabajar con una soldadora oxiacetilénica pueden tener consecuencias negativas ya que durante su proceso logra producir que esta reviente la capa protectora de zinc, provocando que exista mayor riesgo de probabilidad de oxidación posteriormente corrosión de la chapa automotriz, se resalta la importancia de tomar precauciones y medidas adecuadas durante los procesos de soldaduras en los vehículos para evitar daños innecesarios.

Los riesgos asociados con la soldadura, como la exposición del calor, chispas y productos químicos, hace conciencia de la suma importancia en el uso de equipos de protección personal y además de tomar las debidas precauciones con la preparación y el cuidado adecuado, utilizando un juego completo de equipos para lograr un acabado de calidad, incluyendo la limpieza de la superficie antes de soldar, uso de herramientas apropiadas y la atención a los detalles durante el proceso de soldadura.

Para soldaduras propensas a la corrosión, se recomienda el recubrimiento de otros agentes como ceras cavidades o pintura para prevenir futuras oxidación, de esta manera se evita problemas a largo

plazo al proteger la soldadura de la exposición directa al oxígeno y otros agentes correctivos.

Para futuras investigaciones es importante implementar comparaciones con otros procesos de soldadura y pruebas de laboratorio más avanzadas que incluyan también la caracterización microestructural.

REFERENCIAS

Aguirre Ahumada, c. (2010). Especificación ansi/aisc 360-10 para construcciones de acero. Santiago de Chile, Chile: asociación latinoamericana del acero. http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf

Asociación Latinoamericana del Acero. (s. f.). Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero. Santiago de Chile, Chile: Asociación Latinoamericana del Acero. http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf

Almazán de Dios, A. (s.f.). Seguridad y higiene en los procesos de soldadura y corte. Instituto



Politécnico Nacional escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 242.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9265/126.pdf?sequence=1&isallowed=y>

American Society for Testing Materials (2011). American Galvanizers Association. (2015). American galvanizers association. https://galvanizeit.org/uploads/publications/revestimientos_zinc.pdf

Cesvimap. (2003). Obtenido de cesvimap:

<http://www.appcesvimap.com/revista/revista44/pdfs/carroceria.pdf>

Cesvimap (2010). Elementos fijos. Editorial cesvimap

Chapa y pintura oleo. (s.f.). Chapa y pintura oleo.

<https://www.chapaypinturaleo.com/soldadura-mig-metal-gas-inerte-brazing/>

De máquinas y herramientas, (21 de febrero de 2017). De máquinas y herramientas.

<https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/elegir-rollo-alambre-para-soldadura-mig>

Gassó Bas, J. P. (2023). Elementos fijos. En L. V. T. C. F. De g. M., del automóvil, t. E. En m. Y. E., & de vehículos., p. De c. F. De m. (s/f). Soldadura oxiacetilénica y soldadura mmig-brazing utilizadas en los vehículos.

<https://core.ac.uk/download/pdf/235865661.pdf>

Franco, M. D. R. (2023) diseño de procedimiento de soldadura para la fabricación en tubería de aluminio 6xxx de componentes estructurales para el techo de botes.

Ferrer, A., Pinilla, C. y Cadena, E. (2015). *Diseño y Fabricación de una Cámara de Niebla Salina para Realizar Ensayos de Corrosión, según la Norma ASTM B117 para el Laboratorio de materiales de la Fundación Universitaria Los Libertadores*. Bogotá, Colombia: Institución Universitaria Los Libertadores, 2015.pp. 20-21

Romero Orozco, A. J. (2021). Evaluación microestructural y mecánica del acero AHSS CP780 soldado por medio del proceso de soldadura GMAW-pulsado y GMAW-pulsado brazing.

Tello de León, N. O. E. L. (2019). *Prevención de fallas en módulos de medición de absorción específica de radiofrecuencia en cuerpos humanos*.

Varol, F. (2016). Investigation of Mechanical Properties of MIG-Brazed 304 Stainless Steel and EN 10292 Galvanized Steel Joints using Different Current Intensity. Special Issue of the 6th International Congress & Exhibition, (págs. 34-35). Fethiye, Turkey.