

**PLANTEAMIENTO Y ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS Y ACTIVIDADES PARA EL
LABORATORIO DE LA ASIGNATURA SOLDADURA PERTENECIENTE A LA
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES DE
LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

MÓNICA MARÍA ARIAS TORRADO

MARIO ALFONSO SÁNCHEZ PABÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

BUCARAMANGA

2017

**PLANTEAMIENTO Y ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS Y ACTIVIDADES PARA EL
LABORATORIO DE LA ASIGNATURA SOLDADURA PERTENECIENTE A LA
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES DE
LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

MÓNICA MARÍA ARIAS TORRADO

MARIO ALFONSO SÁNCHEZ PABÓN

**Trabajo de Grado (Modalidad, Práctica en Docencia) para Optar al Título de Ingeniero
Metalúrgico**

Director

PhD. ANDRÉS GIOVANNI GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

Doctor en Ingeniería

Codirector

PhD. MAURICIO RINCÓN ORTIZ

Doctor en Ciencia y Tecnología Mención Materiales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

BUCARAMANGA

2017

DEDICATORIA

Mónica María Arias Torrado:

Mi tesis la dedico con todo mi corazón a mis padres y hermanos, quienes siempre han estado ahí brindándome todo su apoyo, confianza, amor y comprensión incondicional. Gracias por ser la principal inspiración que me motiva a superar cada obstáculo.

Mario Alfonso Sánchez Pabón:

A Dios, quien me dio la vida y la posibilidad de estar hoy escribiendo estas líneas.

A María Zaide Pabón, mi madre. Quien de manera incondicional ha sacrificado su vida para darle valor a la mía.

A José Miguel Sánchez, Zaide María Gutiérrez y Luis Alfonso Gutiérrez.

A Mario Alfonso Sánchez Patiño, mi padre. Donde quiera que estés, espero te sientas orgulloso.

A la familia Pabón Portilla.

A Jheymy Lorena Salazar. La mujer que amo y quien me ha dado su apoyo estos últimos años para salir adelante,

A Doña Olga, Doña Cecilia y Doña Carmen. Las mujeres que me abrieron las puertas de su casa y me consintieron como un hijo más.

Al Colectivo de Narración Oral “El Taller”, mi segunda universidad y mi familia en la palabra.

Cristian Rueda, Andrés Lamus, Oswaldo Cárdenas, Helmer Gómez, Andrés Bravo, Víctor Zaraza, Oscar Rueda y Richard Mora.

A mis amigos.

A mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander y al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA por habernos permitido desarrollar las pruebas requeridas a lo largo del proyecto. Además un agradecimiento especial a Jhon Alexander Hernández, docente SENA, por la colaboración brindada durante la realización de las pruebas.

Agradecemos a Gustavo Adolfo Flórez Arias y Nain Cala Rodríguez por el apoyo y colaboración brindada.

Agradecemos muy especialmente al Dr. Mauricio Rincón Ortiz, codirector de este proyecto de grado, por su, ayuda y compromiso en el desarrollo del trabajo realizado. De igual manera agradecemos al Dr. Andrés González Hernández por la colaboración prestado en la realización del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ANTECEDENTES	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	18
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1 ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PROPUESTAS PARA LA ASIGNATURA SOLDADURA.....	19
3.2 ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	20
3.3 PRUEBAS PILOTO A PARTIR DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS PLANTEADAS	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 NORMAS Y SEGURIDAD EN SOLDADURA	21
4.2 PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE CON OXIACETILENO.....	21
4.3 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO	25
4.4 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO BAJO GAS PROTECTOR.....	29
4.5 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO BAJO GAS PROTECTOR CON ELECTRODO DE TUNGSTENO	32
4.6 ELECTRODOS Y SOLDABILIDAD.....	35
5. CONCLUSIONES	38
6. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	44
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de los laboratorios de soldadura.....	19
Figura 2. Láminas de acero A36 [16] luego de la realización del: a) corte 1, b) corte 2 y c) corte 3.....	23
Figura 4. Fotografía en vista superior con cotas del ancho de los cordones de soldadura aplicados con electrodo E6010 en posición 1G con a) corriente inversa, b) corriente alterna y c) corriente directa y con electrodo E7018 en posición 1G con d) corriente inversa, e) corriente directa y f) corriente alterna.	26
Figura 5. Fotografía en vista superior con cotas del ancho de los cordones de soldadura aplicados con electrodo E7018 en posición 1G con variación de corriente para a) 60A, b) 80A y c) 100A.	27
Figura 6. a) Unión soldada de un acero al carbono con un electrodo E7018. b) Corte transversal de la unión soldada luego del ataque químico. c) Micrografías tomadas a 200X de la interfaz entre en el metal base y el metal de aporte y d) del metal base que corresponde a un acero ASTM A36 [11]......	29
Figura 7. Fotografía en vista superior con cotas de soldaduras realizadas con ángulo de empuje y arrastre mediante los mecanismos de transferencia de: a) corto circuito, b) globular y c) rocío o spray.....	31
Figura 8. Cordón aplicado con el proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno utilizando un flujo de gas protector de a) 10 a 12 L/min, b) flujo de gas protector de 1 a 2 L/min y c) flujo de gas de 5 a 7 L/min, con aplicación posterior de decapante.....	33
Figura 9. Cordones realizados con: a) corriente continua electrodo en negativo y b) corriente continua electrodo en positivo.	34
Figura 10. Fotografía de la prueba de soldabilidad realizada sobre una lámina de aluminio. Soldadura realizada con electrodo E6013 [33].	36
Figura 11. Fotografía de la soldadura aplicada a dos láminas de aluminio después de un ensayo de doblado manual.	36

Figura 12. Fotografía de cordón de soldadura aplicado con electrodo 6013 [33] para prueba de soldabilidad realizada en una pieza de fundición gris. a) Parte anterior y b) parte posterior de la soldadura aplicada.....37

Figura 13. Fotografía de la soldadura aplicada a una fundición gris después de un ensayo de doblado manual.....37

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Caracterización de defectos por cada corte mostrados en la figura 2.	23
Tabla 2. Identificación y descripción de los cordones de soldadura aplicados mostrados en la figura 3.	24
Tabla 3. Dimensiones promedio de ancho y altura de cada cordón de soldadura obtenido para la variación de tipo de electrodo y corriente.	27
Tabla 4. Dimensiones promedio del ancho y altura de cordones de soldadura con variación de corriente.	28
Tabla 5. Dimensiones del tamaño de grano determinados bajo la norma E112-01 [20].	29
Tabla 6. Dimensiones de los cordones aplicados en la prueba piloto para el proceso de soldadura por arco metálico bajo gas protector mostrados en la figura 7.	31
Tabla 7. Resultados de mecanismos de transferencia.	31

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Libro de guías para el laboratorio de soldadura	45

RESUMEN

TÍTULO: PLANTEAMIENTO Y ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS Y ACTIVIDADES PARA EL LABORATORIO DE LA ASIGNATURA SOLDADURA PERTENECIENTE A LA ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*¹

AUTORES: Arias Torrado, Mónica María y Sánchez Pabón, Mario Alfonso**²

PALABRAS CLAVES: Procesos de soldadura, guías prácticas, electrodos, soldabilidad

Así como la mayoría de las ramas de la tecnología, la soldadura ha presentado avances gracias a la necesidad de resolver problemas prácticos. Este proceso que consiste básicamente en la unión de dos o más piezas de un material, ha tenido progresos tecnológicos bastante significativos en el último siglo y actualmente es utilizado en todo el mundo. El principio básico por el cual se logra este proceso es la fusión, bien sea de las piezas que se van a unir o de metales que se aportan para lograr esta unión. Para un estudio adecuado de los procesos que involucran la unión de materiales metálicos se realizó un planteamiento de guías con procedimientos basados en los fundamentos teóricos de la asignatura soldadura, con propósito de complementar y fortalecer la formación integral de los estudiantes, enfocado de manera analítica con miras al desarrollo de una excelente praxis a nivel industrial. Para lograr dar a los estudiantes una visión de los procesos de soldadura, fueron elaboradas seis prácticas que abarcan parte de la temática del contenido de la asignatura, buscando generar cuestionamientos que lleven a la investigación. Durante el desarrollo del proyecto se realizaron pruebas de los procesos propuestos, buscando con esto plantear prácticas coherentes con procedimientos viables, además en búsqueda de que las experiencias puedan ser llevadas a cabo sin dificultades operacionales.

*Proyecto de grado (Modalidad, práctica en docencia)

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.
Director: Dr. Andrés González Hernández. Codirector: Dr. Mauricio Rincón Ortiz

ABSTRACT

TITLE: APPROACH AND ELABORATION OF GUIDELINES AND ACTIVITIES FOR THE WELDING SUBJECT LAB BELONGING TO THE METALLURGIC AND MATERIAL SCIENCE ENGINEERING SCHOOL OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER*³

AUTHORS: Arias Torrado, Mónica María and Sánchez Pabón, Mario Alfonso**⁴

KEYWORDS: Welding Processes, Practical guides, Electrodes, Weldability

As with most branches of technology, the welding processes has made progress thanks to the need to solve practical problems. This process consisting basically of joining two or more pieces of a material, these technological processes are quite significant in the last century and are currently used all over the world. The basic principle by which this process is achieved is the fusion, either of the pieces to be joined or the metals that are contributed to achieve this union. For an adequate study of the processes that involve the union of metallic materials, an approach of worksheets with procedures based on the theoretical fundamentals of the welding subject, with the purpose of complementing and strengthening the integral learning of students, analytically focused with a view to the development of an excellent practice at the industrial level. In order to show the students a wide vision of the welding processes, have been elaborated six practices covering most of the subject content of the subject, seeking to generate questions leading to research. During the development of the project, the processes have been tested; seeking the consistent establishment of practices with viable procedures. Besides looking forward that the practices could lead successfully the students through the process without major inconveniences.

*Degree project (Modality, práctica en docencia)

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.
Advirse: Dr. Andrés González Hernández. Coadvirse: Dr. Mauricio Rincón Ortiz

INTRODUCCIÓN

La escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales perteneciente a la Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas de la Universidad Industrial de Santander, cuenta con la asignatura *soldadura* (Teórico-práctica), dentro del grupo de materias adscrito al octavo nivel de su programa académico de pregrado.

Actualmente, no se cuenta con la infraestructura, equipos y personal adecuados para llevar a cabo las prácticas de laboratorio de esta asignatura en las instalaciones del campus universitario de la Universidad Industrial de Santander. Sin embargo, en conjunto con el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, se permite la realización de las experiencias prácticas en las instalaciones del SENA del municipio de Girón, Santander.

Tomando en consideración que la principal razón por la cual se realizan las experiencias en los laboratorios es demostrar por medio del método científico los fenómenos (físicos, químicos, termodinámicos, cinéticos, biológicos, etc.) que ocurren y afectan los elementos y sistemas involucrados en los procesos estudiados en las aulas de clase, se llegó a la conclusión que las actividades que se ejecutan actualmente en el laboratorio de *Soldadura* carecen de una guía que permita al estudiante tener una experiencia que complemente eficazmente los conceptos vistos en clase, la cual se base en los respectivos códigos y normas que corresponden a los procedimientos que se vayan a realizar y en donde puedan aplicar conocimientos adquiridos previamente en las asignaturas; *Solidificación y Diagramas de Fase, Metalurgia Mecánica, Metalografía y Tratamientos Térmicos*.

Con lo anterior, se considera que el actual esquema de actividades que se realiza durante las prácticas de laboratorio de la asignatura *Soldadura*, no satisfacen plenamente el perfil científico que requiere esta asignatura; por tanto se requiere del planteamiento y elaboración de guías para las actividades del laboratorio de la asignatura mencionada, con el propósito de dar una formación integral a los estudiantes que cursen esta materia.

1. ANTECEDENTES

La soldadura es una importante rama de la metalurgia que complementa el estudio de los materiales metálicos y hace parte fundamental en la formación de los ingenieros metalúrgicos. Teniendo en cuenta la importancia que tiene la experiencia científica como una de las principales herramientas en el proceso de aprendizaje y formación del estudiante, en los últimos años, en la escuela Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales se han elaborado dos tesis de pregrado con el objetivo de crear y optimizar las prácticas de laboratorio en las áreas de Fundición, Procesos de Moldeo y Materiales Cerámicos, dando como resultado actividades que forjan estudiantes de manera integral con conocimientos técnicos y profesionales orientados a la solución de problemas presentes en la industria y sirviendo como aporte para el desarrollo tecnológico e industrial de la región [1,2].

Basado en un análisis de los procesos de enseñanza en diferentes laboratorios dedicados a las prácticas de soldadura en prestigiosas universidades de Colombia, se estudia a partir de estos el planteamiento y elaboración de procedimientos que beneficien a los estudiantes de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de que conozcan los procesos de unión de materiales metálicos y las variables que influyen. En la investigación se encontraron instituciones que cuentan con laboratorios de soldadura, por ejemplo, la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín cuya misión es promover el desarrollo y el avance de la ciencia y la técnica de la soldadura en Colombia, a través de la prestación de servicios de investigación e ingeniería de soldadura especializada, y de la ejecución de ensayos de laboratorio tendientes a evaluar la soldabilidad de los materiales y a caracterizar las propiedades micro estructurales y mecánicas de las uniones soldadas. Adicionalmente, contribuir con la formación de profesionales altamente calificados, con fortalezas en investigación aplicada en el área de Ingeniería de la Soldadura [3].

La Universidad del Valle Sede Cali, es otra de las instituciones educativas que cuenta con un laboratorio de soldadura y cuya misión es la de contribuir con actividades de docencia, investigación y extensión en el área de materiales metálicos haciendo más eficiente las actividades

pedagógicas, de participación científica y apoyo en el campo productivo mediante la asistencia técnica a la industria [4].

La Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC) es otra de las instituciones educativas que cuenta con un laboratorio de soldadura dentro de sus instalaciones en donde se prestan servicios para estudiantes de pregrado y adicionalmente se realizan prácticas para diplomados [34, 35]. Igualmente, en diferentes universidades alrededor del mundo cuentan con laboratorios especializados en el área de soldadura, por ejemplo, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el Institut Tècnic Català de la Soldadura de España, en la Universidad Nacional de San Agustín del Perú, entre otras; las cuales tienen en común la misión de ayudar con el aprendizaje de la unión de materiales y todos los factores que los procesos de soldadura conllevan [5-7].

Así como la mayoría de las ramas de la tecnología, la soldadura ha presentado avances gracias a la necesidad de resolver problemas prácticos. Este proceso consiste básicamente en la unión de dos o más piezas de un material. El principio básico por el cual se logra este proceso es la fusión, bien sea de las piezas que se van a unir o de metales que se aportan para lograr esta unión. Según la American Welding Society (AWS), la soldadura se define como “una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) de metales o no metales producida mediante calentamiento de los materiales a temperaturas requeridas, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aportación” [8].

Con el fin de profundizar en el aprendizaje de soldadura, es indispensable mejorar el proceso de enseñanza, buscando de apropiar a los estudiantes con los campos de aplicación de la profesión y formar ingenieros altamente calificados que resuelvan adecuadamente los desafíos en su vida laboral. Por esta razón, se hace necesario un planteamiento de actividades que permita a los estudiantes tener un contacto directo con diferentes procesos metalúrgicos y a su vez generar cuestionamientos que los lleven a la investigación.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Elaborar las guías de laboratorio de la asignatura *Soldadura* con base en normas nacionales e internacionales de soldadura, con el propósito de complementar y fortalecer la formación integral de los estudiantes, enfocado de manera analítica con miras al desarrollo de una excelente praxis a nivel industrial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Establecer los parámetros que definirán las actividades correspondientes a cada práctica y la presentación de informes donde los estudiantes puedan sustentar el conocimiento adquirido.
- Determinar las prácticas adecuadas de tal manera que el estudiante pueda aprovechar al máximo cada experiencia como herramienta complementaria de su proceso de aprendizaje de soldadura.
- Realizar un análisis de la seguridad para las prácticas que serán propuestas, de manera que se cuente con un formato guía que instruya tanto a los estudiantes como a profesores y técnicos en su aprendizaje.

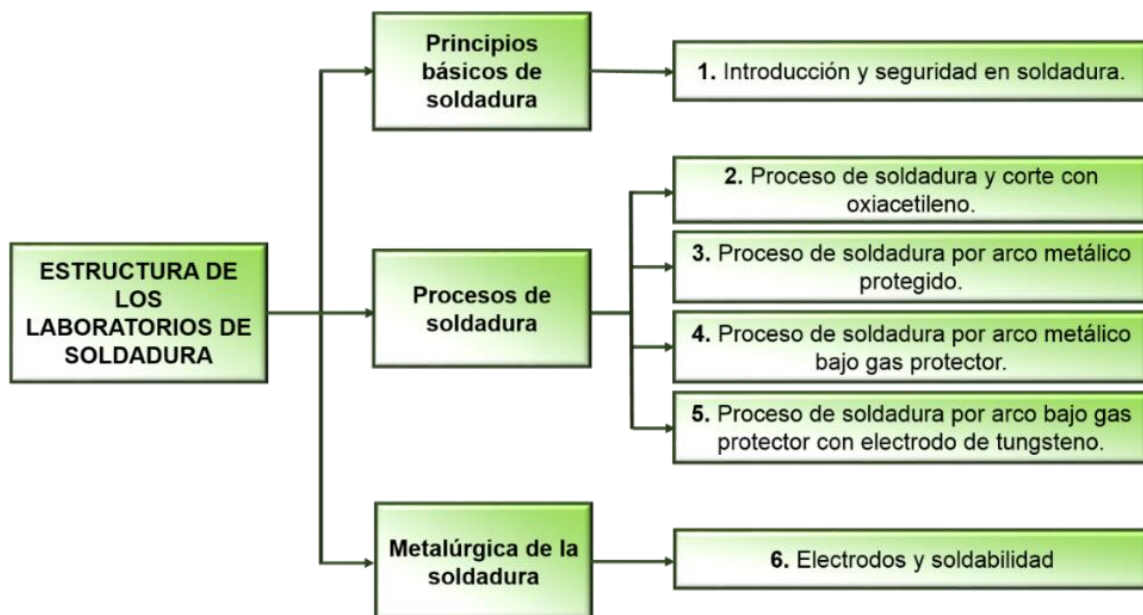
3. METODOLOGÍA

Durante la realización del proyecto fue utilizada una metodología como base del trabajo propuesto, la cual estuvo compuesta de tres etapas presentadas a continuación:

3.1 ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PROPUESTAS PARA LA ASIGNATURA SOLDADURA

La estructura planteada para el desarrollo del laboratorio, se basa inicialmente en un reconocimiento de los procesos, fenómenos y variables estudiados en la fundamentación teórica de la asignatura. Como primera parte, se plantea una práctica orientada a la implementación de normas de seguridad en procedimientos de soldadura. Posteriormente, se incluyeron cuatro de los procesos de soldadura más comunes en la industria, con el fin de que los estudiantes reconozcan el funcionamiento de los equipos y los factores que influyen en la realización de una unión soldada. Finalmente, ahondando aún más en los conceptos metalúrgicos se realizó el planteamiento de una práctica cuyo contenido principal es el de la soldabilidad. En la Figura 1 se muestra la estructura final de las guías prácticas de soldadura:

Figura 1. Estructura de los laboratorios de soldadura.



3.2 ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

El planteamiento de los procedimientos se realizó con base a la recopilación bibliográfica reunida a lo largo del proyecto, teniendo en cuenta todo el contenido teórico de la asignatura de soldadura, tomando como modelo algunos manuales de laboratorios especializados en esta área y examinando además otras instituciones educativas en las cuales se cuenta con un espacio de trabajo que presta el servicio de laboratorio de soldadura [11, 21]. La elaboración de las guías del laboratorio de soldadura también estuvo sujeta a las normas internacionales y nacionales con las cuales se rigen los diferentes tipos de procedimientos de soldadura [10,16-19,22-24,25].

3.3 PRUEBAS PILOTO A PARTIR DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS PLANTEADAS

Con el fin de garantizar los resultados a los que se debe llegar según la bibliografía consultada en cada procedimiento propuesto, fue desarrollado cada uno de los ejercicios planteados en las seis guías con los parámetros establecidos para cada práctica, corroborando de esta manera que las configuraciones indicadas para cada equipo y la variación de parámetros establecida en cada ejecución, tengan como resultado los fenómenos que los estudiantes habrán estudiado de manera previa en el aula de clase.

A partir de estas pruebas piloto realizadas, se identificaron varios inconvenientes que podrían tener los estudiantes con los equipos y los materiales utilizados, de manera que algunos procedimientos que habían sido planteados en el principio del proyecto, fueron modificados para facilidad del estudiante, de tal manera que aun así cumplan con los estándares establecidos en normas nacionales e internacionales para diferentes tipos de procesos de soldadura.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos corresponden a pruebas realizadas a partir de las guías prácticas planteadas, para las que se llevó a cabo cada una de las actividades propuestas y posteriormente se realizaron correcciones a partir de estas. Se tiene como base que el tiempo necesario para el desarrollo de la práctica de laboratorio sea de tres horas, en el cual se realice además de una inducción, los procesos propuestos en cada guía.

4.1 NORMAS Y SEGURIDAD EN SOLDADURA

Las condiciones bajo las cuales se puede llegar a situaciones de riesgo en cada consideración de prevención descrita en esta primera guía de laboratorio (Anexo 1, Práctica 1), fueron contempladas a partir de las experiencias operacionales con las cuales se tuvo acercamiento durante el desarrollo práctico de las guías en las instalaciones del Centro Industrial de Mantenimiento Integral en el SENA con sede en Girón, Santander.

Las normas de seguridad que fueron elaboradas para su aplicación en el laboratorio de la asignatura soldadura, son el resultado del estudio hecho a un compendio de estándares para prevención de riesgos en los distintos tipos de operaciones de soldadura que se llevarán a cabo en el laboratorio, tomando como base las medidas descritas en la norma ANSI Z49.1 (Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados), así como también normas de seguridad en operaciones de soldadura del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad Santiago de Compostela de España. Los criterios de seguridad establecidos, están diseñados para una fácil interpretación y ejecución en el contexto de espacio, tiempo y operación en el que se encontrarán los estudiantes, durante la ejecución de las actividades propuestas en el laboratorio. [24-26]

4.2 PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE CON OXIACETILENO

Para la elaboración de esta práctica (Anexo 1, Práctica 2), después de una introducción a la identificación de los equipos de trabajo, se establece como primera fase experimental el reconocimiento de los tipos de llama que surgen a partir de la mezcla en diferentes proporciones entre el acetileno y el oxígeno, el cual es el primer parámetro que se ajusta para la realización de

la experiencia. Una vez configuradas las presiones de salida de los gases, se procede a abrir el flujo de acetileno en el soplete y hacer el encendido con el encendedor por fricción. A partir de este momento, después de establecer un penacho de llama acetilénica, se procede a dar paso al flujo de oxígeno en la antorcha. De esta manera el estudiante podrá observar cómo influye la cantidad de oxígeno en el establecimiento de los tipos de llama (reductora, neutra, oxidante y de corte). Inicialmente la llama acetilénica se convierte en llama reductora, apreciando de manera evidente tres zonas diferentes; penacho exterior de color amarillo verdoso, zona reductora intermedia de color azul claro y dardo pequeño de color azul brillante. En este punto la cantidad de acetileno es mayor que la de oxígeno. A medida que se abre el paso de oxígeno en la antorcha, la zona reductora va reduciendo su tamaño, cuando esta se reduce al mismo tamaño del dardo, se considera que la llama es neutra y tiene en su mezcla de gases, las mismas cantidades de oxígeno y acetileno. Se continúa dando paso al flujo de oxígeno para identificar la llama oxidante, donde las proporciones de oxígeno son mayores que las del acetileno y finalmente se activa la palanquilla de corte identificado así la llama de corte [8].

Una vez identificados los tipos de llama, se procede a realizar operaciones de corte. Fue establecida una variación en las presiones de trabajo del oxígeno, con el fin de orientar al estudiante a la identificación de la incidencia de una mala configuración en las presiones de trabajo de los gases en la producción de defectos en la cara del corte. Para esta parte de la práctica, se considera realizar tres cortes con tres pares de presiones de trabajo diferentes en una lámina de acero estructural ASTM A36/A 36M-08 [16], con dimensiones de 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 6 mm de espesor. Se trazaron tres líneas guía a lo ancho de la lámina, con separaciones de 5 cm entre sí. Los pares de presiones escogidas para estos cortes fueron adjudicados de la siguiente manera; corte 1, Figura 2, a (6 psi para acetileno y 15 psi para oxígeno), corte 2, Figura 2, b (6 psi para acetileno y 25 psi para oxígeno) y corte 3, Figura 2, c (6 psi de acetileno y 35 psi para oxígeno). Estas presiones de gases están diseñadas para corte de piezas con espesores de 4 mm, 6 mm y 12 mm respectivamente [8,10,12]. En la Figura 2 se puede observar claramente las diferencias entre cada corte realizado y la incidencia que tiene la variación de presiones en los resultados obtenidos. En la tabla 1 se puede encontrar la lista de defectos presentes en cada corte realizado [10]. El tiempo de duración del proceso de oxicorte es 1 hora.

Figura 2. Láminas de acero A36 [16] luego de la realización del: a) corte 1, b) corte 2 y c) corte 3.

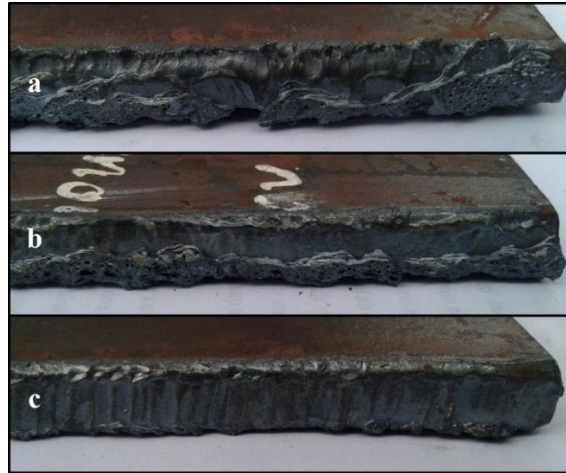


Tabla 1. Caracterización de defectos por cada corte mostrados en la Figura 2.

Corte	Defectos observados
Corte 1	Escoria adherida a la arista inferior del corte, costra de escoria en la cara del corte, fusión en la arista del corte superior.
Corte 2	Escoria adherida a la arista inferior del corte, retraso excesivo de las estrías, fusión en la arista inferior del corte, cadena de gotas solidificadas adheridas a la arista superior del corte.
Corte 3	Cadena de gotas solidificadas adheridas a la arista superior del corte, profundidad excesiva de las estrías, profundidad irregular de las estrías, fusión en la arista inferior del corte.

Por último, se consideró necesario la implementación de procesos de soldadura con variación de parámetros de operación. Para esta práctica fue utilizada una lámina de acero estructural ASTM A36/A 36M-08 [16], con dimensiones de 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 0.8 mm de espesor. Se hicieron 3 divisiones a lo ancho de la lámina con separaciones entre cada una de 5 cm. Se estableció como objetivo realizar tres cordones de soldadura con distintos tipos de llama, queriendo orientar al estudiante a identificar la incidencia que tiene sobre el cordón de soldadura y sus características la variación de las proporciones de salida de los gases en la antorcha,

determinando de esta manera el tipo de llama adecuado para realizar procesos de soldadura con llama oxiacetilénica en aceros de bajo carbono [8,12].

En la Figura 3 se observa la morfología de los cordones obtenidos en esta experiencia. De manera evidente, se puede observar la incidencia de la variación en las proporciones de salida de los gases en la antorcha. A diferencia del proceso de corte, el oxígeno en exceso en el proceso de soldadura con llama oxidante no oxida el cordón de soldadura, este se disuelve y se libera del baño de fusión dejando rastro de porosidades a lo largo del proceso.

Figura 3. Cordón de soldadura realizado con llama: a) oxidante, b) neutra y c) reductora.



Tabla 2. Identificación y descripción de los cordones de soldadura aplicados mostrados en la Figura 3.

Tipo de llama	Características
Llama oxidante	El cordón resultante es una cascarilla porosa que se desprende fácilmente una vez se enfría. El exceso de oxígeno en la llama se disuelve en el baño de fusión y luego se libera formando porosidades, esto mismo hace que haya poca adhesión del cordón a la lámina una vez que este se ha solidificado y enfriado. No es apto para la realización de uniones en este tipo de aleaciones
Llama neutra	El cordón resultante es un cuerpo uniforme formado por el material fundido en el baño de fusión, concentra el calor de manera adecuada permitiendo durante el avance que el material fundido se incorpore fácilmente al cordón.

	La zona afectada por el calor no sufre transformaciones de consideración severa.
Llama Reductora	El cordón resultante tuvo problemas para la difusión del charco de fusión, el calor de la llama no se concentra con facilidad en la zona trabajada y se expande por la lámina, el cordón resultante tiene menor material fundido en su estructura y la zona afectada por el calor sufre desprendimiento de láminas en la superficie una vez se enfría el material. Durante el proceso la lámina se vio deformada por el calor

Los principales parámetros considerados para la elaboración de esta guía práctica son la variación del flujo de gas para la obtención de llama oxidante, reductora y neutra; adicionalmente la realización de soldadura y corte en un acero de bajo carbono.

4.3 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO

Las pruebas que se realizaron para el proceso de soldadura por arco metálico protegido se basaron en la guía práctica planteada inicialmente (Anexo 1, Práctica 3). Se diseñaron procedimientos de manera que la persona que los lleve a cabo no requiera gran habilidad en la aplicación de la soldadura pero que tuvieran diferentes variaciones, con el fin de dar una visión a los estudiantes sobre la influencia en la soldadura en un acero al carbono ASTM A36/A 36M-08 [16], de los tipos de corriente con distintos electrodos de trabajo (Figura 4) y de la cantidad de corriente suministrada (Figura 5); además se realizó un análisis metalográfico de un corte transversal hecho a una junta soldada (Figura 6). A partir de las pruebas desarrolladas se efectuaron algunas correcciones para mejorar y facilitar los procesos descritos. Para esta práctica de laboratorio se registraron tiempos de aproximadamente una hora y treinta minutos en la ejecución de la guía, sin contar con la realización de la metalografía que se plantea en la parte final de la práctica. Para llevar a cabo los procesos propuestos para esta experiencia se sugiere la utilización de una máquina para soldadura por arco metálico protegido del tipo transformador-rectificador, ya con estas se pueden aplicar cordones de soldadura tanto en corriente alterna como en corriente continua en diferentes polaridades [8,9,14,27].

Los resultados obtenidos en la primera prueba planteada en la guía práctica de este proceso, en la cual se realiza una variación del tipo de electrodo (E6010 y E7018) [28,29] y tipos de corriente para la aplicación de un cordón de soldadura, consisten en que para una corriente inversa los cordones tienen mejores características debido a que el arco se establece fácilmente, esta corriente es recomendada para la mayoría de electrodos (Figura 4, a y d). En la corriente directa la fusión del metal de aporte es más rápida, por lo tanto según las pruebas desarrolladas los cordones aplicados con esta corriente son un tanto más anchos pero con una altura baja, sin embargo, las medidas del ancho y la altura pueden variar dependiendo de la habilidad del soldador (Figura 4, c y e). Finalmente con la corriente alterna se presenta un calentamiento del electrodo uniforme, por lo tanto, se obtuvieron cordones con un ancho intermedio en comparación con las otras corrientes (figura 4, b y f). Los valores promedio del ancho y la altura del cordón realizado se observan en la Tabla 3, dichas medidas pueden variar dependiendo de la habilidad de quien aplique la soldadura. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que las pruebas elaboradas con esta variación concuerdan con los fundamentos teóricos [8,12,14].

Figura 4. Fotografía en vista superior con cotas del ancho de los cordones de soldadura aplicados con electrodo E6010 en posición 1G con a) corriente inversa, b) corriente alterna y c) corriente directa y con electrodo E7018 en posición 1G con d) corriente inversa, e) corriente directa y f) corriente alterna.

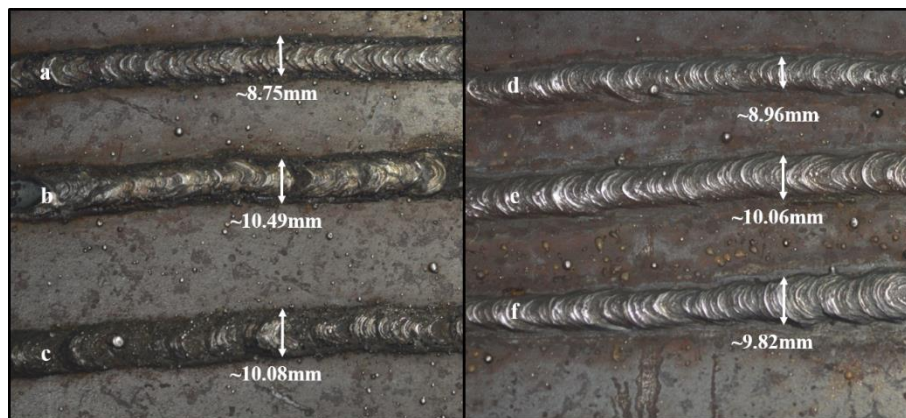


Tabla 3. Dimensiones promedio de ancho y altura de cada cordón de soldadura obtenido para la variación de tipo de electrodo y corriente.

	Corriente inversa		Corriente directa		Corriente alterna	
	E6010	E7018	E6010	E7018	E6010	E7018
Ancho del cordón [mm]	8.75	8.96	10.49	10.06	10.08	9.82
Altura del cordón [mm]	1.35	2.35	1.65	3.25	1.75	2.05

Siguiendo con los análisis de las pruebas piloto, para la segunda variación planteada en la guía práctica del proceso de soldadura por arco metálico protegido que corresponde a cambios en el valor de corriente de salida para un electrodo E7018 [29], observados en la figura 5, se obtuvieron los resultados esperados fundamentados en la teoría, es decir, a medida que se aumenta la corriente para la aplicación de un cordón de soldadura a su vez aumenta el ancho y disminuye la altura del cordón. Esto se presenta debido a que aumenta el calor en el arco por el uso de valores de corrientes muy altas. Las dimensiones promedio de cada cordón realizado se encuentran en la Tabla 4 [8,9,14].

Figura 5. Fotografía en vista superior con cotas del ancho de los cordones de soldadura aplicados con electrodo E7018 en posición 1G con variación de corriente para a) 60A, b) 80A y c) 100A.

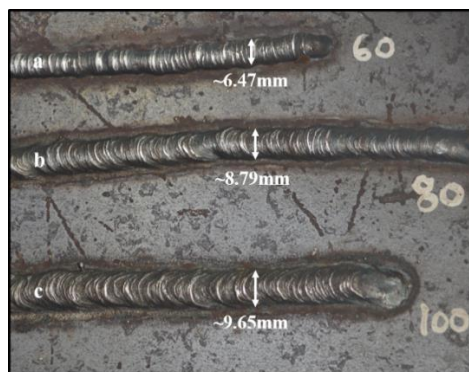


Tabla 4. Dimensiones promedio del ancho y altura de cordones de soldadura con variación de corriente.

Valor de corriente [A]	Ancho del cordón [mm]	Altura del cordón [mm]
60	6.47	3.23
80	8.79	2.67
100	9.65	2.6

Finalmente, para la actividad propuesta en la guía práctica se realizó una junta soldada con un electrodo E7018 (electrodo con bajo contenido de hidrógeno) [29] y posteriormente se hizo un análisis metalográfico basado en la norma ASTM E3-01 [22] (Figura 6). Se obtuvieron micrografías que corresponden a la interfaz entre el metal de aporte y el metal base, teniendo una diferencia evidente de los tamaños de grano; además se observa una micrografía tomada al metal base en donde se tiene una microestructura conformada por perlita y ferrita. En las micrografías tomadas de los cordones de soldadura, se presentan algunas manchas que corresponden a óxido después del ataque químico, esto se debe principalmente a que la soldadura es una zona de alta energía y por lo tanto la oxidación es inmediata. Los tamaños de grano de las microestructuras observadas se presentan en la Tabla 5, estos valores fueron determinados bajo la norma E112-01 [23], a partir de los valores obtenidos se concluye que en la zona del metal de aporte el grano es de mayor tamaño debido a la aplicación de calor [8,14].

Figura 6. a) Unión soldada de un acero al carbono con un electrodo E7018. b) Corte transversal de la unión soldada luego del ataque químico. c) Micrografías tomadas a 200X de la interfaz entre el metal base y el metal de aporte y d) del metal base que corresponde a un acero ASTM A36 [11].

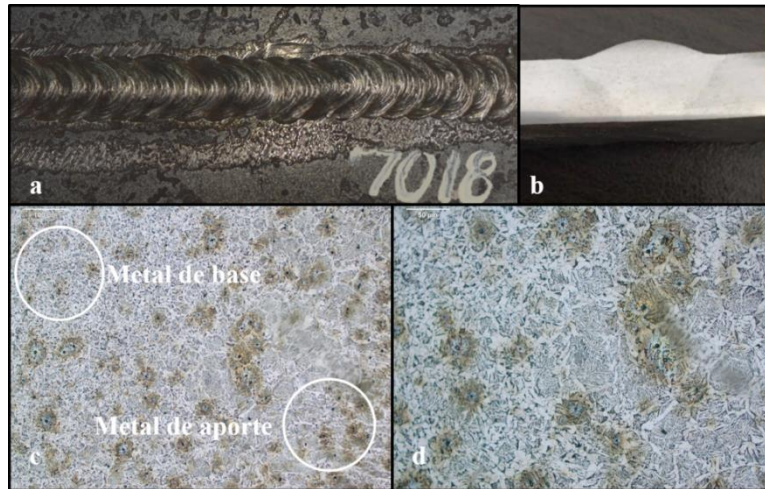


Tabla 5. Dimensiones del tamaño de grano determinados bajo la norma E112-01 [20].

Zona de la soldadura	Tamaño de grano
Metal de aporte	6
Metal base	8

Los principales parámetros considerados para la elaboración de esta guía práctica son la variación de tipos de corriente y polaridad; el efecto de los valores de corriente suministrada en la aplicación de la soldadura; la zona afectada por el calor.

4.4 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO BAJO GAS PROTECTOR

Para el proceso de soldadura por arco metálico bajo gas protector se realizaron pruebas para la debida comprobación de los procesos planteados en la guía práctica (Anexo 1, Práctica 4). A partir de dichas pruebas se demostró que la experiencia sugerida se puede llevar a cabo fácilmente por los estudiantes que la realicen. Durante esta práctica se pretende que los estudiantes analicen

principalmente los mecanismos de transferencia de metal de aporte que se pueden lograr por medio de este proceso de soldadura y los factores que influyen en la realización de la soldadura por cada uno de los mecanismos. La prueba que se realizó se evidencia en la Figura 7 y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4. Se estima para la culminación de la experiencia en el laboratorio un tiempo requerido de una hora y cuarenta minutos. Se recomienda la utilización de un equipo rectificador para trabajar con corriente continua, además la utilización un metal de aporte ER70S-6 [30] para aplicación de soldadura sobre acero de bajo carbono y de una de gas protector de 85% argón y 15% dióxido de carbono, ya que esta mezcla de gases funciona bien en este tipo de acero y además es más económico [8,14,31].

Según los resultados que se muestran en la Figura 7, se tiene que para el mecanismo de transferencia corto circuito los cordones aplicados tienen una altura considerable debido a que el metal de aporte solo se deposita sobre la lámina y el calor producido en el arco es bajo (Figura 7, a). Siguiendo con el mecanismo de transferencia globular se produjeron cordones de soldadura con menor altura pero con un ancho mayor que en corto circuito, esto se debe a que en este mecanismo el calor que se genera en el arco es mayor (Figura 7, b). Finalmente, para rocío se obtuvieron cordones más limpios, también se observa que el ancho de la soldadura es mayor que en los mecanismos anteriores debido a las altas temperaturas que se producen en el arco y la altura también es considerable ya que la tasa de deposición es mayor en comparación con los demás mecanismos de transferencia (Figura 7, c) [8,9, 31].

En cuanto al ángulo de la pistola, se observa para los tres mecanismos la influencia de este parámetro es la misma. Es decir, cuando se utiliza un ángulo de arrastre la incidencia del arco genera mayor transferencia de calor, por lo tanto los cordones son más anchos. Por el contrario, cuando se aplica la soldadura con un ángulo de ataque los cordones de soldadura son más angostos. Las dimensiones promedio de las soldaduras se muestran en la tabla 6. En la Tabla 7 se los valores de voltaje con los cuales se trabajó en el equipo para cada mecanismo de transferencia y un promedio de los valores de corriente que variaban a medida que se aplicaba la soldadura [8,9].

Figura 7. Fotografía en vista superior con cotas de soldaduras realizadas con ángulo de empuje y arrastre mediante los mecanismos de transferencia de: a) corto circuito, b) globular y c) rocío o spray.

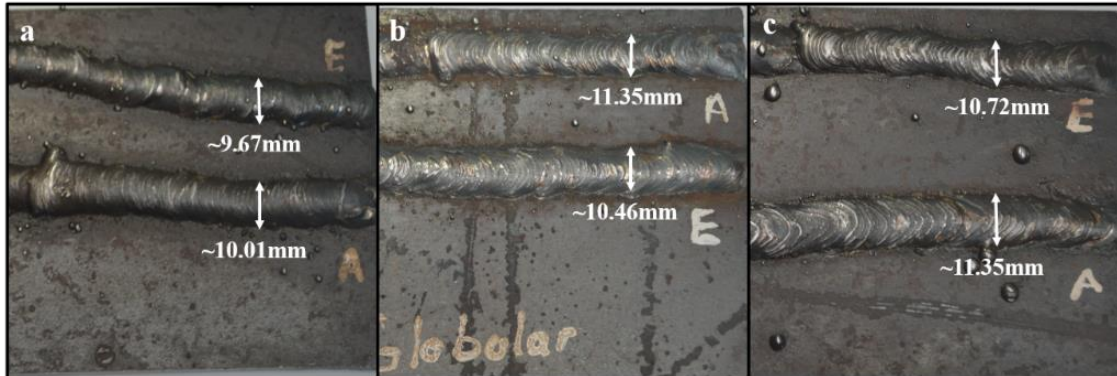


Tabla 6. Dimensiones de los cordones aplicados en la prueba piloto para el proceso de soldadura por arco metálico bajo gas protector mostrados en la Figura 7.

Mecanismo de transferencia	Ángulo de la pistola	Ancho del cordón [mm]	Altura del cordón [mm]
Corto circuito	Empuje	9.67	2.65
	Arrastre	10.01	3.35
Globular	Empuje	10.46	2.1
	Arrastre	11.35	2.1
Rocío o Spray	Empuje	10.72	2.65
	Arrastre	11.35	3.6

Tabla 7. Resultados de mecanismos de transferencia.

Mecanismo de transferencia	Ángulo de la pistola	Voltaje [V]	Amperaje [A]
Corto circuito	Empuje	20,5	96
	Arrastre	21,3	89
Globular	Empuje	24,2	116
	Arrastre	23,4	108

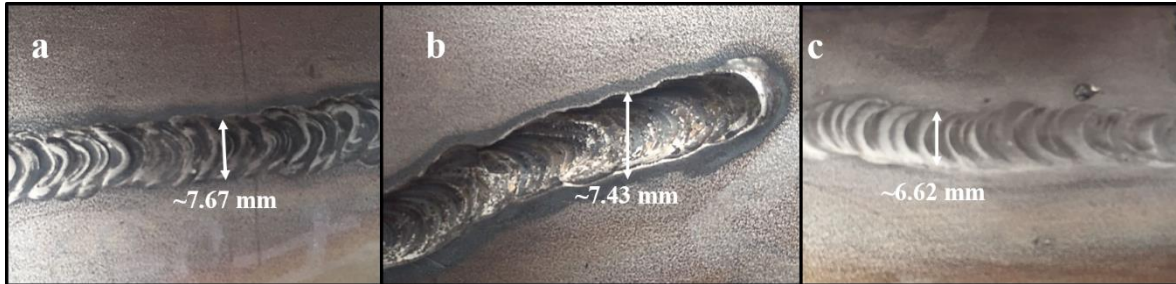
Rocío o Spray	Empuje	34,1	126
	Arrastre	29,8	115

Tomando como base los resultados obtenidos en la prueba piloto y realizando una comparación con los fundamentos teóricos, se concluye que los resultados corresponden a lo esperado. Los principales parámetros considerados para la elaboración de esta guía práctica son los mecanismos de transferencia de metal de aporte y el ángulo de la pistola para la aplicación de cordones de soldadura.

4.5 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO BAJO GAS PROTECTOR CON ELECTRODO DE TUNGSTENO

Para la guía práctica que corresponde al proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (Anexo 1, Práctica 5) se propuso la variación de diferentes parámetros para la aplicación de los cordones de soldadura. Inicialmente, se planteó la aplicación de cordones de soldadura sobre una lámina de acero inoxidable AISI 304 [17] con variación de flujo de gas protector. La configuración adecuada del flujo de salida de argón depende del diámetro interno de la tobera. Para este caso, se utiliza una tobera con diámetro interno de 8 mm, ajustando un caudal adecuado de salida de argón en un rango entre 5 L/min y 7 L/min [8]. Este primer ejercicio es realizado para guiar al estudiante sobre la influencia que tiene la presencia del gas protector en el resultado de la aplicación del cordón de soldadura. Las dimensiones de la lámina utilizada son: 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 4 mm de espesor, además fue empleado un electrodo de tungsteno punto rojo de espesor 3/32 de pulgada. Para este caso se han establecido tres cantidades de flujo diferentes de gas de protección y fueron designados de la siguiente forma: proceso a (10 a 12 L/min), proceso b (1 a 2 L/min) y proceso c (5 a 7 L/min). Se puede evidenciar el índice de contaminación en el cordón con flujo excesivo de argón visto en la Figura 8, a; al igual que con flujo de salida de argón deficiente visto en la Figura 8, b.

Figura 8. Cordón aplicado con el proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno utilizando un flujo de gas protector de a) 10 a 12 L/min, b) flujo de gas protector de 1 a 2 L/min y c) flujo de gas de 5 a 7 L/min, con aplicación posterior de decapante.



Al parecer, el flujo excesivo de gas no genera una sobreprotección del proceso de aplicación del cordón de soldadura como se podría llegar a pensar. Por el contrario se presentó contaminación del material, tal como se observa en la Figura 8, a. Esto sucede porque en la boca de la tobera se crean turbulencias del haz protector y evita que haya una difusión adecuada de este sobre el charco de fusión, incidiendo de tal manera que el paso del electrodo deje rastros de quemaduras sobre el metal. Por otra parte un flujo deficiente junto con la protección inadecuada del arco y el baño de fusión, genera un sobrecalentamiento del metal base, provocando una fusión excesiva en la aplicación del cordón, dejando como resultado un cordón totalmente socavado con un mayor rastro de quemaduras al paso del electrodo y en los bordes del cordón tal como se observa en la Figura 8, b. Por último, un flujo apropiado de gas de protección, permite que el argón pueda cubrir adecuadamente el baño de fusión, hace una regulación adecuada de la temperatura y no deja indicios de quemaduras, tal como se evidencia en la Figura 8, c. Una vez finalizado este procedimiento, fue agregado decapante para aumentar la protección del cordón de la interacción con el medio ambiente mientras este enfriaba [8,12,17,32].

Siguiendo con las actividades propuestas, se planteó un procedimiento en el cual se aplicarían cordones de soldadura sobre la lámina de acero al carbono con variación de la polaridad. Este procedimiento tiene como objetivo mostrar al estudiante, la importancia de la configuración adecuada de la polaridad en el proceso GTAW para la obtención de resultados adecuados en la aplicación de cordones de soldadura. Las dimensiones de la lámina utilizada son: 10 cm de ancho,

20 cm de largo y 6 mm de espesor, además fue empleado un electrodo de tungsteno punto rojo de espesor 3/32 de pulgada.

El tipo de polaridad configurado, va a fijar la dirección de transferencia de los electrones. Por tanto, se determina de igual forma el elemento con mayor concentración del calor (electrodo o metal base) y de qué manera influye en el cordón de soldadura. En la Figura 9, a, se muestra el resultado de la aplicación de dos cordones de soldadura con corriente continua electrodo en negativo, en este caso los electrones viajan desde el electrodo hasta el metal base, concentrando el calor en el baño de fusión. Esta configuración permite un ancho del cordón de soldadura menor que el evidenciado en la Figura 9, b. Sin embargo, la concentración del calor aplicada de esta forma sobre el metal base, produjo quemaduras sobre el cordón y socavaduras en los bordes. Por otra parte la configuración de corriente continua electrodo en positivo, hace que los electrones se transporten desde el metal base hacia la punta del electrodo, lo anterior concentra el calor en el electrodo, dando como resultado cordones más anchos que los presentados con corriente continua electrodo en negativo. Para este caso no se presentan quemaduras ni socavaduras [8,12,32].

Figura 9. Cordones realizados con: a) corriente continua electrodo en negativo y b) corriente continua electrodo en positivo.



Para la culminación de la experiencia en el laboratorio en su totalidad se estima un tiempo requerido de dos horas y veinte minutos. Los principales parámetros considerados para la

elaboración de esta guía práctica son la variación de la polaridad para identificar el efecto de la transferencia de electrones en un acero de bajo carbono y el flujo de gas protector en un acero inoxidable.

4.6 ELECTRODOS Y SOLDABILIDAD

La guía práctica realizada para la experiencia que corresponde a electrodos y soldabilidad (Anexo 1, Práctica 6), busca dar una perspectiva a los estudiantes sobre las propiedades metalúrgicas del metal base y el metal de aporte. Por consiguiente, se plantearon actividades que permitieran analizar la soldabilidad como la cualidad más importante para realizar un proceso de soldadura. A partir del planteamiento de la práctica se realizaron las pruebas convenientes para determinar que el procedimiento propuesto se pudiera llevar a cabo de forma efectiva y segura. Para la experiencia de electrodos y soldabilidad se registró un tiempo aproximado de 50 minutos para la culminación de la misma.

Luego de realizar la actividad propuesta en la guía práctica, la cual corresponde a la unión de dos láminas de aluminio con un electrodo incompatible con el material, se observa una fusión inadecuada del metal base y del metal de aporte. En la Figura 10 se presenta una soldadura con evidentes defectos que se presentan principalmente por una mala combinación de materiales, en otras palabras el aluminio utilizado no es compatible con el electrodo con el cual se soldaron las láminas ya que la composición de este último es totalmente diferente a la del metal base. Por lo tanto, se presenta una fragilización del cordón de soldadura, ver Figura 11. Es importante resaltar que para la realización de soldaduras resistentes y confiables, la adecuada elección de los electrodos es indispensable. [14,18].

Figura 10. Fotografía de la prueba de soldabilidad realizada sobre una lámina de aluminio. Soldadura realizada con electrodo E6013 [33].



Figura 11. Fotografía de la soldadura aplicada a dos láminas de aluminio después de un ensayo de doblado manual.



Según los resultados obtenidos al aplicar un cordón de soldadura a una fundición gris, ver Figura 12, el calor generado por el arco provoca un enriquecimiento del carbono y un enfriamiento rápido de la zona afectada por el calor. Por consiguiente, se producen niveles de dureza altos que causan una fragilización, ver Figura 13. Teniendo en cuenta lo anterior se concluye que la soldabilidad de la fundición gris es baja, ya que la soldadura aplicada sobre este material es poco confiable y requiere de procesos adicionales para su realización [8,14].

Figura 12. Fotografía de cordón de soldadura aplicado con electrodo 6013 [33] para prueba de soldabilidad realizada en una pieza de fundición gris. a) Parte anterior y b) parte posterior de la soldadura aplicada.

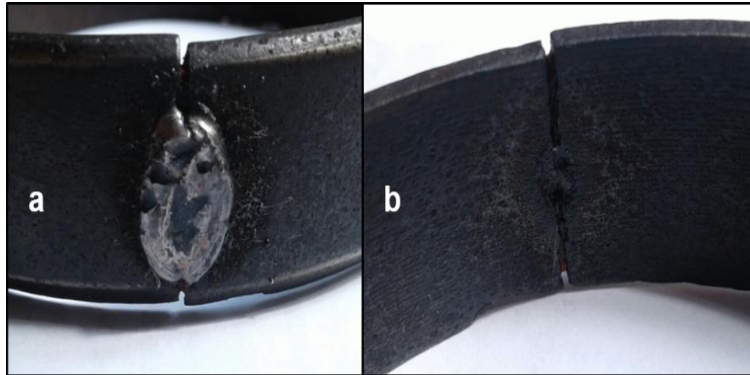


Figura 13. Fotografía de la soldadura aplicada a una fundición gris después de un ensayo de doblado manual.



Para la realización de los procedimientos propuestos en esta guía práctica, se utilizó el proceso de soldadura por arco metálico protegido debido a su versatilidad y facilidad en la aplicación de cordones. Las experiencias se plantearon con el fin de que los estudiantes detectaran las fallas que se presentan por la inadecuada selección de materiales para realizar análisis posteriores. Los principales parámetros considerados para la elaboración de esta guía práctica son soldabilidad como cualidad carente en una fundición gris y la incompatibilidad entre el metal base (aluminio) y el metal de aporte (electrodo E7018).

5. CONCLUSIONES

Se elaboraron las guías de laboratorio para la asignatura soldadura con base en los fundamentos teóricos expuestos en el contenido de clase, con el propósito de complementar y fortalecer la formación integral de los estudiantes, enfocado de manera analítica con miras al desarrollo de una excelente praxis a nivel industrial. Para el planteamiento de las prácticas se determinaron diferentes parámetros considerados de gran importancia para el aprendizaje de los estudiantes que lleven a cabo los procedimientos, con el fin de dar una visión de las variaciones que afectan los procesos de soldadura y generar cuestionamientos que lleven a la investigación.

Teniendo en cuenta la temática de la asignatura, se realizó una selección para diseñar una estructura de las prácticas de laboratorio y posteriormente proponer procesos coherentes que los estudiantes pudieran llevar a cabo en un área de trabajo destinada para la soldadura. Para que esto fuera posible se realizaron pruebas piloto de cada uno de los procedimientos, previendo errores que se pudieran presentar en el desarrollo de la experiencia y analizando la viabilidad de las prácticas propuestas.

Finalmente, debido a que los procesos de soldadura son considerados actividades de alto riesgo se planteó un instructivo de normas de seguridad que proporcione información necesaria de posibles casos de accidente en el área de trabajo tanto a estudiantes como a docentes y técnicos.

6. RECOMENDACIONES

Se debe tener en cuenta que la elaboración de las guías para el Laboratorio de Soldadura, están diseñadas cada una para ser desarrolladas en una clase de tres horas de duración. Es indispensable la contratación por parte de la escuela de Ingeniería Metalúrgica de un técnico certificado con gran experiencia en la ejecución de los diferentes procesos que fueron planteados en este proyecto. Antes de llevar a cabo cada práctica, es necesario que el técnico tenga preparados los equipos, los materiales y las instalaciones para llevar a cabo las operaciones programadas con el fin de realizar las prácticas en el tiempo estipulado.

Es importante considerar que las configuraciones de equipos planteadas en este proyecto están sometidas a cambio según el rendimiento, capacidad y tiempo de uso de los equipos, para obtener los resultados aquí descritos, es necesario que el técnico realice ensayos previos con los equipos y materiales para ajustar los parámetros de tal manera que se obtengan los resultados descritos en el análisis de este proyecto.

Con miras a la creación de un laboratorio de Soldadura dentro del campus central de la Universidad Industrial de Santander es importante considerar la realización de una inversión monetaria para la adecuación de un espacio que cumpla con los requerimientos y características propias para la prestación del servicio de laboratorio, para compra de equipos requeridos en la ejecución de las prácticas y para capacitación de personal calificado encargado del espacio.

REFERENCIAS

- [1] RIVEROS, Leiddy y MORÓN, Julián. (2009). Propuesta de creación del laboratorio de materiales cerámicos de la escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales en la Universidad Industrial de Santander, Universidad Industrial de Santander, facultad de ingenierías físico-químicas, Bucaramanga.
- [2] FUENTES, Álvaro y CARRILLO, Natalia. (2006). Modernización y estructuración de los laboratorios de fundición y moldeo, Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías físico-químicas, Bucaramanga.
- [3] GIRALDO BARRADA, Jorge Enrique. Coordinador de laboratorio de soldadura, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín [En línea] [Citado: 20/12/2016]. Disponible en: <<http://minas.medellin.unal.edu.co/laboratorios/index.php/laboratorios/laboratorio-de-soldadura>>
- [4] CAICEDO ANGULO, Julio Cesar, Coordinador de laboratorio de soldadura, Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle [En línea] [Citado 20/12/2016]. Disponible en: <<http://eimat.univalle.edu.co/index.php/laboratorios/desoldadura>>
- [5] UNIVERSIDAD PONTIFICIA CATÓLICA DEL PERÚ, Metalurgia de la soldadura, Perú. [Citado: 20/12/2016]
- [6] INSTITUT TÈCNIC CATALÀ DE LA SOLDADURA, Técnico Internacional de Soldadura (IWT), Programas, España. [En línea] [Citado: 20/12/2016] Disponible en: <<http://www.itcsoldadura.org/es/detalle/programas/446/tecnico-internacional-de-soldadura-iwt->>
- [7] UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DEL PERÚ, Ingeniería de soldadura de mantenimiento y de construcción, Perú. [En línea] Disponible en: <<http://www.unsa.edu.pe/index.php/areaacademica/2da-especialidad/ingenierias/137-ing-de-soldadura-de-mant-y-de-construccion>>
- [8] LARRY JEFFUS. (2009). Soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España.
- [9] GIACHINO, Joseph W. y WEEKS, William. (1998). Técnica y práctica de la soldadura. Western Michigan University Kalamazoo, USA.

- [10] COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN. (Octubre 2015). Norma UNE-EN ISO 17658:2015. Soldeo: Imperfecciones en los cortes realizados por oxicorte, corte por láser y corte por plasma. Terminología. (ISO 17658:2002), AEN/CTN 14. Soldadura y técnicas conexas.
- [11] LANDA SALAS, Carlos Augusto y RICAÑO HERRERA, Francisco. Manual de prácticas de soldadura por arco eléctrico manual (TIG, MIG, SMAW), trabajo teórico práctico. Universidad Veracruzana, Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica, Agosto 2011. [En línea] Disponible en: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32944/1/landasalas.pdf>>
- [12] JENNEY, Cynthia L. y O'BRIEN, Annette. (2004). Welding handbook, 9 Edition, Volume 2. American Welding Society.
- [13] LLANO URIBE, Carolina. Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, un proceso rápido, limpio y versátil, revista metal actual. Marzo 2010. [En línea] [Citado 7/12/2016] Disponible en: <Www.Metalactual.Com>
- [14] GÓMEZ, Orlando José. (1993). Soldadura de metales, Escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- [15] ASTM INTERNATIONAL, Especificación estándar para requisitos generales para barras de acero estructural laminadas, placas, formas y pila. Designación A6/A6M-16^a, apéndice X3. [Citado Enero 15 de 2017]
- [16] ASTM INTERNATIONAL. (2008). Especificación normalizada para acero al carbono estructural. Designación A36/A 36M-08, USA.
- [17] AISI (INSTITUTO AMERICANO DE HIERRO Y ACERO), Acero inoxidable, AISI 304. [Citado: Enero 15 de 2017]
- [18] GRUPO ALUMINA - ALUMINIO NACIONAL S.A., Ficha técnica de aluminio AA 6063. [Citado: Noviembre 29 de 2016]
- [19] ASTM INTERNATIONAL. (Abril 2015). Especificación estándar para el diseño, pruebas, fabricación, selección e instalación de escotillas de acceso de metal fabricado para estructuras de servicios públicos, agua y aguas residuales. Designación C1802-14, USA.
- [20] CALLISTER, William D. (Julio 2007). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, volumen 1, Universidad de Utah, USA.
- [21] LUIS LESUR, (2007). Manual de soldadura con arco eléctrico - Guía paso a paso, México.

- [22] ASTM INTERNATIONAL, (2007). Norma estándar para la preparación de muestras metalográfica. Designación E3-01, USA.
- [23] ASTM INTERNATIONAL, Norma estándar para el método de determinación del tamaño de grano. Designación E112-01, USA. [Citado: 14/01/2017]
- [24] ICONTEC INTERNACIONAL, (Noviembre 1996). Norma técnica colombiana NTC 4066, seguridad en la soldadura y corte, Colombia.
- [25] INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE NORMAS (ANSI), (Agosto 1994). Norma ANSI Z49.1. Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados.
- [26] SERVICIO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, (Febrero 2016). Normas de Seguridad en Operaciones de Soldadura, primera edición, Universidad Santiago de Compostela, España.
- [27] SEGOVIA BAUTISTA, Serafín. (2012). Manual de soldadura, ejercicios prácticos de soldadura al arco. Electrodo revestido, AMV ediciones, primera edición.
- [28] LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E6010, Cleveland, USA. [En línea] [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Champion-Champion6010/Champion6010_ES-MX.pdf>
- [29] LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E7018, Cleveland, USA. [En línea] [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Lincoln-Lincoln7018-1/Lincoln_7018-1_ES-MX.pdf>
- [30] LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo MIG (GMAW) ER70S-6, Cleveland, USA. [En línea] [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_MIGGMAWWires-L-S-LS6/L-S6_ES-MX.pdf>
- [31] PENDER, James A. (1993). Soldadura, tercera edición, Tabor Park Secondary School, Scarborough, Ontario.
- [32] HARVEY, PHILIP D., ED., (1979). Welding Inspection and Quality Control, American Welding Society, Miami, USA.
- [33] LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E6063, Cleveland, USA. [En línea] [Citado: 20/11/2016] Disponible en:

<http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Lincoln-LincolnMaster/LincolnMaster_6013_ES-MX.pdf>

- [34] UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, Ingeniería Metalúrgica, información general. [En línea] Disponible en: http://www.uptc.edu.co/facultades/f_ingenieria/pregrado/metalurgica/inf_general/
- [35] DIPLOMADO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [En línea] Disponible en: http://www.wapa.pe/sites/default/files/tumblr_nu40a0aind1ufzk65o1_500.gif

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

AMERICAN WELDING SOCIETY, Introductory welding metallurgy, Miami, USA, 1979.

GÓMEZ, Orlando José. (1993). Soldadura de metales, Escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

HENRY HORWITZ, P.E., Soldadura: aplicaciones y practices, Universidad del Estado de Nueva York, USA, 1976.

IVAN H. GRIFFIN & EDWARD M. RODEN, Welding processes, New York, USA, 1970.

JOSÉ MARÍA GAXIOLA ANGULO, Curso de capacitación en soldadura, segunda edición, México, 1994.

LARRY JEFFUS. (2009). Soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España.

ANEXOS

ANEXO A. LIBRO DE GUÍAS PARA EL LABORATORIO DE SOLDADURA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES

INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear procesos cada vez más eficaces y eficientes, ha llevado al hombre al descubrimiento de nuevas tecnologías y materiales que satisfagan las exigencias que se presentan día a día. Para la construcción de cualquier tipo de estructura es necesaria la utilización de procesos que permitan la unión de piezas, esto se conoce como soldadura.

La soldadura ha sido fundamental durante cientos de años y se ha ido desarrollando conforme avanza la tecnología. A través del paso del tiempo el progreso en los procesos de soldadura han avanzado a pasos agigantados, produciendo uniones cada vez más perfectas, duraderas y con equipos automatizados. Los métodos para unir metales varían desde la fusión de un metal y posterior solidificación, hasta la aplicación de arcos eléctricos, rayos láser, plasma, entre otros.

Las prácticas de laboratorio de soldadura, han sido diseñadas con el fin de orientar al estudiante en su formación integral, teniendo como base, el enfoque científico para que se puedan implementar los conocimientos adquiridos a lo largo de su plan de estudios y comprender de esta manera cómo afecta la variación de parámetros en el buen desarrollo de los procesos de soldadura y la obtención de resultados adecuados.

PRESENTACIÓN DE PREINFORMES

Para la realización de actividades previas a la práctica se recomienda que los estudiantes investiguen los temas de consulta propuestos para cada una de las experiencias.

Se aconseja la formulación de preguntas por parte del docente que permitan a los estudiantes cuestionarse sobre la práctica que realizará posteriormente. Para un aprendizaje óptimo se recomienda al docente realizar un instructivo previo antes de que inicie cada laboratorio, en el cual se desarrolle una socialización que permita a los estudiantes resolver cualquier tipo de dudas que surjan de la investigación y que además de este modo se complementen los fundamentos teóricos presentados en clase.

PRESENTACIÓN DE INFORMES

Para la presentación de los informes es importante que los estudiantes tomen como base la experiencia vivida durante la práctica de laboratorio y los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas, comparando lo adquirido con los fundamentos teóricos. Se recomienda la organización de los informes de laboratorio de la siguiente manera:

- 1.** Número de la práctica
- 2.** Título de la práctica
- 3.** Objetivo general
- 4.** Objetivos específicos
- 5.** Marco teórico
- 6.** Procedimiento
- 7.** Desarrollo experimental
- 8.** Reporte de resultados y análisis
- 9.** Cuestionario
- 10.** Conclusiones
- 11.** Bibliografía

CRONOGRAMA DE PRÁCTICAS

Práctica 1. Introducción y seguridad en soldadura.

Práctica 2. Proceso de soldadura y corte con oxiacetileno.

- Reconocimiento del equipo.
- Ajuste y reconocimiento de los tipos de llama.
- Oxicorte en acero al carbono.
- Soldadura oxiacetilénica en lámina de acero al carbono.

Práctica 3. Proceso de soldadura por arco metálico protegido (SMAW)

- Reconocimiento del equipo.
- Establecimiento del arco.
- Tipos de corriente de salida.
- Ajuste de amperaje.

Práctica 4. Proceso de soldadura por arco metálico bajo gas protector (GMAW)

- Configuración del equipo GMAW.
- Mecanismos de transferencia.

Práctica 5. Proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW)

- Reconocimiento del equipo.
- Soldadura sobre lámina de acero inoxidable con variación de flujo de gas.
- Soldadura sobre láminas de acero al carbono con variación de amperajes de salida.

Práctica 6. Electrodo y soldabilidad.

LABORATORIO DE SOLDADURA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
PRÁCTICA 1
INTRODUCCIÓN Y SEGURIDAD EN SOLDADURA

Introducción

Los procesos industriales, tales como la soldadura, se deben llevar a cabo bajo estrictas normas de seguridad, teniendo en cuenta las condiciones de trabajo que ponen en peligro la vida de los operarios en todo momento. El constante contacto con; altas temperaturas, corrientes eléctricas con elevado amperaje, emisiones de gases tóxicos, radiación ultravioleta, entre otros aspectos, hacen de la soldadura una profesión de alto riesgo y por lo tanto es necesario seguir planes de seguridad que permitan obtener buenos resultados mientras se cuida la salud de los trabajadores o incluso sortear situaciones peligrosas evitando pérdidas materiales y humanas.

Objetivos

Concientizar al estudiante sobre la importancia de conocer y aplicar normas de seguridad necesarias para establecer condiciones mínimas de riesgo y prevenir situaciones que pongan en peligro la salud o integridad física.

Procedimiento

Nota: El siguiente procedimiento se realiza en forma de instructivo para la realización de procesos dentro del laboratorio y acción en casos de emergencia.

❖ Reconocimiento de los elementos de protección personal

Se debe considerar a las personas que ejecutan los procesos de soldadura, como el elemento más importante para lograr llevar a cabo con éxito cualquier proyecto o línea de procesos que impliquen este tipo de tareas. Por lo tanto, es indispensable que en todo momento, la persona asignada a realizar procesos que puedan poner en riesgo su vida o su integridad física, debe contar con un equipo de protección adecuado.

1. Elementos generales de uso obligatorio dentro del área de trabajo:
 - Gafas protectoras.
 - Botas de seguridad con punta de acero.
 - Overol de manga larga que cubra hasta las muñecas.
 - Casco.
2. Elementos de protección para trabajos de mecanizado:
 - Careta de seguridad industrial.
 - Tapa oídos.
 - Guantes de cuero.
 - Delantal de cuero.
 - Tapabocas.
3. Elementos de protección personal para procesos de soldadura OFW, SMAW, GMAW y TIG.
 - Delantal de cuero.
 - Polainas de cuero.
 - Mangas de cuero.
 - Gorra o capuchón.
 - Caretas con vidrio oscuro de filtro adecuado para cada proceso.
 - Guantes de cuero.

❖ **Precauciones para prevenir descargas eléctricas**

1. Use guantes siempre que se esté manipulando equipos de soldadura o elementos que puedan ocasionar una descarga eléctrica.
2. Evite la realización de un proceso de soldadura que implique el uso de corriente eléctrica mientras se está en contacto con un elemento mojado o húmedo, el sitio de trabajo siempre debe permanecer totalmente seco. Inclusive, se debe ser precavido con la humedad producida por el sudor dentro de los elementos de seguridad.
3. Todos los equipos deben ser apagados y desconectados una vez haya terminado la labor.

❖ **Precauciones para prevenir incendios en el área de trabajo**

1. Revise siempre que se realicen procesos con altas temperaturas, donde exista la presencia de llama, chispas, material fundido o elementos calientes, que exista un aislamiento de los elementos inflamables alrededor del lugar de trabajo, el piso debe estar libre de materiales combustibles que puedan iniciar fácilmente una conflagración.

2. Limpie previamente a la aplicación de la soldadura las piezas para eliminar grasa y partículas de polvo para prevenir reacciones espontáneas que puedan dar inicio a un incendio. La ropa y los elementos de protección personal deben estar limpios de grasas y aceites.
3. Verifique que las botellas de gases inflamables deben permanecer almacenadas en lugares ventilados aseguradas a las paredes con cadenas para evitar que estas caigan y puedan ocasionar escape y acumulación de gases inflamables. Siempre que se realicen procesos con gases se debe hacer inspecciones en las uniones de mangueras y reguladores para verificar que no existen fugas.
4. Verifique antes de utilizar mangueras para procesos con gases inflamables que no existan fugas antes de instalarlas a los tanques de gas combustible.
5. Identifique los lugares donde se encuentren ubicados los extinguidores para ser utilizados en casos de emergencia. Estos estarán ubicados en puntos clave dependiendo de la disposición del laboratorio.

❖ **Precauciones para prevenir lesiones: quemaduras, intoxicación y daños por radiación**

1. Manipule los elementos o piezas de trabajo que estén a altas temperaturas, con pinzas o tenazas, nunca con las manos.
2. Trabaje en instalaciones adecuadas para la realización procesos que emanen gases. Además de los extractores de gases y ventilación adecuada en las estaciones de trabajo, el operario debe utilizar máscara con filtro para gases, con el fin de prevenir intoxicaciones o daños en las vías respiratorias.
3. Verifique que siempre que se trabaje con procesos donde haya radiación de luz de alta intensidad, la careta que se esté utilizando cuente con vidrio oscuro de filtro adecuado según la técnica de soldadura que se esté empleando, por ejemplo; las gafas que se utilizan para el proceso de oxicorte no son las adecuadas como protección de la vista cuando se emplean técnicas que producen luz intensa por arco eléctrico.
4. Asegurese de usar ropa gruesa y proteger la mayor área posible del cuerpo para prevenir quemaduras con la radiación emitida durante los procedimientos.

❖ **Precauciones para prevenir explosiones en el área de trabajo.**

1. Evite el flujo de oxígeno puro en presencia de grasa.
2. Almacene los tanques de combustible en lugares aislados de los gases comburentes.

3. Asegúrese de revisar que el laboratorio cuente con un buen sistema de ventilación, para evitar acumulación de gases inflamables.
4. Siga las indicaciones para realizar una adecuada intervención de tanques a presión o contenedores de combustible.
5. Verifique las presiones internas de los tanques contenedores de los gases cuando se vayan a utilizar.

❖ **Precauciones para el manejo de situaciones fortuitas (accidentes, apagones, evacuaciones)**

1. Identifique las diferentes salidas de evacuación en la zona del laboratorio donde vaya a trabajar. Visualice las señales de salida, para que tenga una mejor orientación. En caso de temblores o terremotos conserve la calma, recuerde que está manejando equipos y sustancias que requieren una manipulación cautelosa, antes de evacuar las instalaciones, cerrar el paso de gases inflamables y comburentes, apagar equipos de alto amperaje de salida.
2. Inicie antes de cualquier operación, identifique la ubicación del botiquín de primeros auxilios y el teléfono del laboratorio con las extensiones de emergencias de la universidad. Tenga en cuenta que sólo personas capacitadas con implementos adecuados pueden prestar primeros auxilios.
3. Verifique que haya una adecuada distribución de los extintores. Dada la diversidad de operaciones que pueden provocar un incendio, los extintores deben ser multipropósito. En caso de darse inicio a una conflagración, de aviso a sus compañeros y encargados del laboratorio, ya que en caso de no poder apagar el incendio, puedan evacuar el lugar de manera segura y dar aviso a los bomberos.
4. Verifique que exista la señalización adecuada con especificaciones de manipulación y protocolos en cada zona del laboratorio (puestos de trabajo, lugares de almacenamiento, zonas de tránsito, rutas de evacuación, etc)
5. Presione en caso de haber un apagón los interruptores de apagado en los equipos que usen electricidad, para prevenir descargas eléctricas. El laboratorio debe contar con luces de seguridad y señales de tránsito luminiscentes que permitan una evacuación adecuada del lugar.

Bibliografía

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- LUIS LESUR, Manual de soldadura con arco eléctrico - Guía paso a paso, México, 2007.
- ICONTEC INTERNACIONAL, Norma técnica colombiana NTC 4066, seguridad en la soldadura y corte, Colombia, noviembre 1996.
- INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE NORMAS (ANSI), Norma ANSI Z49.1. Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados. Agosto 1994.
- SERVICIO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, Normas de Seguridad en Operaciones de Soldadura, primera edición, Universidad Santiago de Compostela, España, febrero 2016.

LABORATORIO DE SOLDADURA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
PRÁCTICA 2
PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE CON OXIACETILENO

Introducción

La soldadura por llama oxiacetilénica, es un proceso de unión de metales (no siempre es necesario metal de aportación), calentándolos hasta superar las temperaturas de fusión, donde posteriormente, la solidificación de los metales fundidos produce la unión de las piezas.

El oxicorte o corte por llama oxiacetilénica consiste en seccionar un metal por medio de una llama con chorro de oxígeno a presión posterior a un calentamiento del metal hasta su temperatura de ignición. Teniendo en cuenta que un buen resultado de corte depende de la presión de gas, tipo de llama y velocidad adecuadas según el espesor de la pieza y su composición.

Objetivo

Conocer los procesos de soldadura y corte por llama oxiacetilénica e identificar los parámetros que intervienen para la obtención de resultados adecuados con estas prácticas (presiones de salida, temperatura, espesores de trabajo y proporciones en la mezcla de gases)

Temas de consulta

- Norma UNE-EN ISO 17658:2015.
- Tipos de llama.
- Relación entre diámetro de boquillas para soldadura y corte, espesores de láminas de acero al carbono y presiones de oxígeno y acetileno.

Materiales y equipo

- Equipo de protección personal: careta con filtro adecuado para oxigas, guantes de cuero, mandil de cuero, brazaletes de cuero, botas de seguridad y polainas de cuero.
- Aspersor con agua jabonosa.

- Cilindro de oxígeno con tapa protectora.
- Cilindro de acetileno con tapa protectora.
- Regulador de presión para el cilindro de oxígeno (Rosca derecha).
- Regulador de presión para el cilindro de acetileno (Rosca izquierda).
- Dispositivos antirretorno de flama para reguladores con rosca izquierda y derecha.
- Mangueras roja con rosca izquierda (acetileno), verde con rosca derecha (oxígeno).
- Dispositivos antirretorno de flama para soplete con rosca izquierda y derecha.
- Soplete.
- Antorchas para corte y soldadura con sus respectivas boquillas.
- Lámina de acero ASTM A36 con dimensiones; 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 0.8 mm de espesor.
- Lámina de acero ASTM A36 con dimensiones; 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 6mm de espesor.
- Encendedor por fricción

Procedimiento

❖ Reconocimiento de los equipos y precauciones.

1. Verifique que los cilindros (Verde para oxígeno y rojo para acetileno) se encuentren con sus respectivas tapas protectoras, válvulas de escape cerradas y además sujetos en posición vertical con cadenas para evitar que estos caigan durante el proceso de soldadura o corte. Llevar a cabo la experiencia en una zona ventilada donde no haya presencia de material inflamable.
2. Abra y cierre las válvulas de los cilindros con el fin de limpiar cualquier elemento de polvo o humedad que se pueda encontrar en las boquillas.
3. Conecte los reguladores de presión en sus respectivos cilindros, teniendo en cuenta que para el oxígeno el regulador es de rosca derecha, mientras para el acetileno el regulador tiene rosca izquierda. Terminar de ajustar los reguladores con ayuda de una llave, teniendo en cuenta que el tubo de salida del regulador apunte hacia el suelo. Posteriormente conectar las válvulas antirretorno a los reguladores según la orientación de la rosca (derecha para oxígeno, izquierda para acetileno) y asegurar con la ayuda de una llave.

4. Conecte las mangueras a las válvulas antirretorno de los reguladores teniendo en cuenta que la manguera verde es para oxígeno y la roja para el acetileno, asegurando con la ayuda de una llave. Posteriormente conectar el otro extremo de las mangueras al soplete (al que previamente se le han instalado las válvulas antirretorno) según la orientación de la rosca y asegurar con la ayuda de una llave.
5. Verifique que los manómetros de baja presión tanto del cilindro de oxígeno como el de acetileno se encuentre en cero, de no ser así se debe primero hacer una purga de gases en los sistemas de mangueras y soplete antes de comenzar la experiencia.
6. Identifique las antorchas y boquillas para corte y soldadura.

❖ **Ajuste y reconocimiento de los tipos de llama.**

1. Ensamble la antorcha para corte con boquilla de 0.6 mm de diámetro.
2. Abra las válvulas de los cilindros de oxígeno y acetileno, posteriormente los reguladores teniendo en cuenta las siguientes presiones de trabajo: 3 psi para acetileno y 18 psi para oxígeno.
3. Revise que no haya fuga en las conexiones realizadas, con la ayuda del aspersor que contiene agua jabonosa.
4. Abra la válvula de acetileno del soplete un cuarto de giro haciendo el encendido en dirección contraria al cuerpo con ayuda del encendedor por fricción.
5. Continúe abriendo la válvula de acetileno en el soplete hasta que la llama producida deje liberar hollín en su extremo sin que esta se llegue a desprender de la boquilla del soplete.
6. Abra poco a poco el paso de oxígeno en el soplete a medida que se van identificando los distintos tipos de llama (acetilénica, reductora, neutra y oxidante).
7. Active la palanquilla de corte para identificar la llama de corte.
8. Apague la antorcha soltando primero la palanquilla de corte y cerrando seguidamente la válvula de acetileno y posteriormente la de oxígeno.

❖ **Oxicorte en acero astm a36.**

Las presiones de salida para los gases para cada corte que se va a realizar son las siguientes:

- Corte 1: 6 psi para acetileno y 18 psi para oxígeno.
- Corte 2: 6 psi para acetileno y 25 psi para oxígeno.
- Corte 3: 6 psi para acetileno y 35 psi para oxígeno.

Pasos para efectuar el corte:

1. Escoja la lámina de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor.
2. Trace 3 líneas guía para cortar con ayuda de una tiza y una escuadra, con una separación entre líneas de 5 cm como lo indica la figura 1.
3. Ensamble la antorcha para corte con boquilla para corte de 0.8 mm de diámetro.
4. Encienda la antorcha y configurar una llama ligeramente oxidante (3 partes de oxígeno y 2 partes de acetileno)
5. Ubique el soplete en el borde de la placa donde se quiera empezar el corte, verificando que la llama quede en posición vertical hacia abajo, luego inclínela levemente hacia afuera de la lámina de tal manera que más de la mitad de la llama quede por fuera del borde de la pieza. La distancia entre la boquilla y la lámina debe ser aproximadamente de 6 a 8 mm.
6. Realice el precalentamiento hasta obtener un color anaranjado brillante en el metal y haya aparición de chispas, en este caso alejar la boquilla a una distancia de 13 a 15 mm de la pieza mientras se activa simultáneamente la palanquilla de corte, a medida que el haz de la llama de corte va atravesando el metal regresar la boquilla a la distancia inicial, girarla levemente hasta llegar a una posición vertical y mover el soplete en dirección de la guía trazada previamente.
7. Apague la antorcha una vez finalizado el corte.

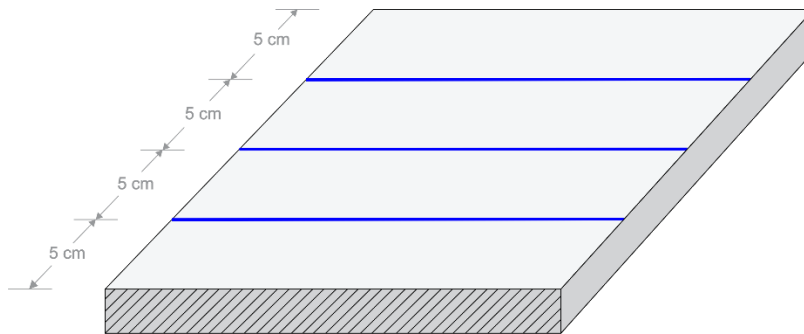


Figura 1. Esquemmatización de trazo de líneas guías para corte y soldadura con oxiacetileno.

❖ Soldadura oxiacetilénica en lámina de acero al carbono

1. Escoja la lámina de acero 1/32" de espesor.
2. Trace 3 líneas guía con ayuda de una tiza y una escuadra, con una separación entre líneas de 5 cm como lo indica la figura 1.
3. Ensamble la antorcha para soldadura.

4. Establezca las siguientes presiones de salida para los gases: 3 psi para el acetileno y 3 psi para el oxígeno.
5. Realice tres cordones de soldadura con las siguientes especificaciones:
 - Primer cordón con llama ligeramente carburante (3 partes de acetileno y 2 partes de oxígeno)
 - Segundo cordón con llama neutra (igual cantidad de oxígeno y de acetileno)
 - Tercer cordón con llama ligeramente oxidante (3 partes de oxígeno y 2 partes de acetileno)

Cuestionario

- Elaborar un esquema gráfico de los distintos tipos de llama que se pueden obtener durante los procesos de soldadura oxiacetilénica, señalando las distintas zonas que las componen y sus respectivas temperaturas.
- ¿Por qué es necesario precalentar el metal antes de realizar el corte? Explique qué fenómeno químico ocurre durante el corte en las láminas de acero y cómo esto favorece durante el proceso.
- Según la norma UNE-EN ISO 17658:2015. Describa los defectos que se presentaron durante el proceso de corte con llama oxiacetilénica y las causas que los generaron. Utilice fotografías de los cortes realizados para soportar su respuesta.
- ¿Qué tipo de precauciones se deberían considerar para llevar a cabo un proceso de corte en recipientes que trabajan a presión o almacenan materiales combustibles?
- Con las fotografías tomadas durante el laboratorio, haga un cuadro comparativo con los resultados obtenidos en los cordones de soldadura realizados. Explique a qué se debe las diferencias en cada uno de ellos.

Bibliografía

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- JOSEPH W. GIACHINO Y WILLIAM WEEKS, Técnica y práctica de la soldadura. Western Michigan University Kalamazoo, USA, 1998.

- COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN, Norma UNE-EN ISO 17658:2015. Soldeo: Imperfecciones en los cortes realizados por oxicorte, corte por láser y corte por plasma. Terminología. (ISO 17658:2002), AEN/CTN 14. Soldadura y técnicas conexas, Octubre 2015.
- ASTM INTERNATIONAL, Especificación normalizada para acero al carbono estructural. Designación A36/A 36M-08, USA, 2008
- LUISA CASTRO, Siete claves para un oxicorte exitoso, revista metal actual – Edición 14, Bogotá, Colombia. Noviembre 2009.

LABORATORIO DE SOLDADURA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
PRÁCTICA 3
PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO

Introducción

El proceso por arco con electrodo metálico revestido (SMAW) es utilizado frecuentemente debido a los beneficios que tiene, por ejemplo, bajo coste, flexibilidad, portabilidad y versatilidad. Este proceso SMAW utiliza un electrodo metálico por el cual se transporta una corriente eléctrica y este a su vez está cubierto con un fundente que tiene como función principal proteger el baño de fusión; esta corriente transportada se conoce como corriente de salida la cual puede ser alterna o continua (positiva o negativa) y tiene diferentes efectos sobre la soldadura.

Objetivo

Conocer el proceso de soldadura de arco metálico protegido, la configuración y operación del equipo con el cual se realiza, y analizar los efectos de la variación del amperaje, tipo de corriente, la posición de soldeo y cómo esto afecta la forma, el tamaño y profundidad de los cordones de soldadura.

Temas de consulta

- Tipos de equipo para SMAW.
- Tipos de corrientes utilizadas para soldadura.
- Electrodo 6010 y 7018.

Materiales y equipo

- Equipo de protección personal: careta de soldador, guantes de cuero, pechera de cuero, mangas de cuero, botas de seguridad y polainas de cuero.
- Equipo de soldadura
- Mangueras de pinza portaelectrodos y de masa.

- Pinza portaelectrodo.
- Pinza de masa.
- Electrodo 6010 de 1/8.
- Electrodo 7018 de 1/8.
- Piqueta para retirar la escoria.
- Cepillo de cerdas de acero.
- Láminas de acero al carbono A36 de 6 mm de espesor

Procedimiento

❖ Reconocimiento del equipo

1. Identifique el equipo con el cual se realizará el procedimiento.
2. Revise que el cable de alimentación de la maquina soldadora se encuentre en buen estado antes que el aparato sea conectado; luego de verificar lo anterior proceda a conectar adecuadamente a la corriente eléctrica.
3. Verifique la conexión del cable de masa y del portaelectrodo en los conectores adecuados, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - Corriente continua de electrodo positivo, polaridad inversa: el cable de masa debe ir conectado en el conector negativo y el portaelectrodo en el positivo.
 - Corriente continua de electrodo negativo, polaridad directa: el cable de masa debe ir conectado en el conector positivo y el portaelectrodo en el negativo.
 - Corriente alterna: No influye la conexión ya que cambia continuamente su polaridad.
4. Conecte la pinza de masa a la pieza y coloque el electrodo que va a utilizar inicialmente en la pinza portaelectrodo.
5. Compruebe que las perillas de la maquina se encuentren en cero y proceda a encender la máquina.

❖ Establecimiento del arco

1. Ajuste y configure debidamente la máquina de soldadura según el electrodo que se vaya a usar.
2. Sostenga el electrodo cerca a la placa y bajar el casco para soldar.
3. Raye el electrodo por la placa de la forma en la cual se enciende un cerillo (Ver figura 1) y sostener el arco hasta que se genere el baño de fusión.

4. Aplique un cordón de práctica.

❖ **Tipos de corriente de salida**

1. Ajuste el equipo de soldadura en la corriente de salida continua positiva con polaridad inversa y colocar en el rango de amperaje recomendado para los electrodos que se utilizarán en la práctica los cuales corresponden a electrodo E6010 (90 Amperios) y E7018 (100 Amperios).
2. Aplique un cordón de soldadura para cada uno de los parámetros anteriores.
3. Ajuste el equipo en corriente de salida continua negativa con polaridad directa y posteriormente con alterna para ambos electrodos (El amperaje será igual al utilizado en corriente de salida continua positiva con polaridad inversa para cada electrodo) y aplicar un cordón para cada variación.

Nota: El amperaje recomendado para cada electrodo puede variar dependiendo del equipo de soldadura que se esté utilizando.

❖ **Ajuste de amperaje**

1. Ajuste el equipo de soldadura en el tipo de corriente de salida continua positiva con polaridad inversa y la corriente con un valor aproximado a 60 amperios, utilizando un electrodo E7018.
2. Aplique un cordón de soldadura con la configuración ejecutada anteriormente.
3. Varíe el amperaje ajustando el valor de la corriente a 80 amperios, utilizando el mismo tipo de corriente de salida y un electrodo E7018. Aplicar un cordón de soldadura con esta configuración.
4. Varíe el amperaje ajustando el valor de la corriente a 100 amperios, utilizando el mismo tipo de corriente de salida y un electrodo E7018. Aplicar un cordón de soldadura con esta configuración.

❖ **Identificación de la variación de la microestructura del cordón de soldadura, la zona afectada por el calor y el metal base en aceros al carbono.**

1. Realice la unión de dos láminas de acero al carbono A36 de 6 mm de espesor biseladas en V con un ángulo de bisel de 60° y con un electrodo E7018.
2. Efectue un corte transversal del cordón que se aplicó para unir las láminas, tal como se muestra en la figura 1.

3. Realice el desbaste mecánico y pulido en la cara A de la probeta, según la norma ASTM E3-01 para aceros al carbono. Posteriormente identificar la zona afectada por el calor, la zona de fusión del metal de aporte y el metal base, además tomar las durezas en las respectivas zonas.

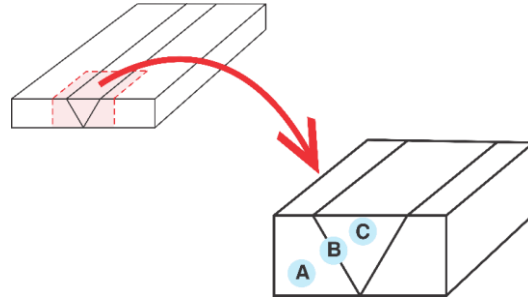


Figura 1. Esquema representativo para la toma de una sección de la unión soldada. A, B y C son los lugares en los cuales se recomienda tomar las micrografías.

Cuestionario

- Mencione las principales características de los electrodos utilizados en el laboratorio y compare las soldaduras realizadas con cada uno.
- ¿Qué problemas se pueden ocasionar con el uso de corrientes demasiado altas o bajas en la soldadura que se esté realizando? Tome como base la experiencia en el laboratorio para resolver la pregunta.
- ¿Qué factores se deben considerar en la elección de los electrodos para la realización de una soldadura óptima?
- ¿Qué efectos tiene la corriente continua y la corriente alterna en la soldadura realizada en el laboratorio? Analice las situaciones que se presentan cuando se utiliza un tipo de corriente que no es la indicada para el electrodo que se esté usado.
- A partir de las micrografías tomadas de la zona de la soldadura, analice la microestructura que se observa en estas.

Bibliografía

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- JOSÉ MARÍA GAXIOLA ANGULO, Curso de capacitación en soldadura, segunda edición, México, 1996

- JOSEPH W. GIACHINO Y WILLIAM WEEKS, Técnica y práctica de la soldadura. Western Michigan University Kalamazoo, USA, 1998.
- ASTM INTERNATIONAL, Especificación normalizada para acero al carbono estructural. Designación A36/A 36M-08, USA, 2008
- LUIS LESUR, Manual de soldadura con arco eléctrico - Guía paso a paso, México, 2007.
- ASTM INTERNATIONAL, Norma estándar para la preparación de muestras metalográfica. Designación E3-01, USA. 2007
- ASTM INTERNATIONAL, Norma estándar para el método de determinación del tamaño de grano. Designación E112-01, USA. [Citado: 14/01/2017]
- LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E6010, Cleveland, USA. [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Champion-Champion6010/Champion6010_ES-MX.pdf>
- LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E7018, Cleveland, USA. [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Lincoln-Lincoln7018-1/Lincoln_7018-1_ES-MX.pdf>

LABORATORIO DE SOLDADURA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES

PRÁCTICA 4

PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO BAJO GAS PROTECTOR

Introducción:

La soldadura por arco bajo gas protector es un proceso cuyo suministro de metal de aporte se realiza de forma continua, a través de una pistola a una velocidad graduable y el baño de fusión está cubierto en su totalidad por un gas protector en el momento de la realización de la soldadura, de manera que el soldador es quien controle el abastecimiento del gas inerte. Este proceso de soldadura presenta grandes beneficios, como por ejemplo, productividad, versatilidad, fácil manejo, entre otros, que lo hacen de gran utilidad en diferentes sectores de la industria.

Objetivo:

Conocer el proceso de soldadura de arco metálico con gas protector, partes, configuración y operación del equipo con el cual se realiza la experiencia. Analizar el efecto que tiene el gas de protección utilizado en el proceso, la velocidad de suministro del alambre de aportación, la posición de soldeo, la protuberancia del alambre de aportación y cómo estas variables influye en la forma, tamaño, profundidad de los cordones de soldadura y en el buen resultado del proceso.

Temas de consulta:

- Mecanismos de transferencia de metal en el proceso GMAW.
- Equipos de soldadura para proceso GMAW y gases de protección utilizados.
- Potencia eléctrica.
- Metal de aporte.

Materiales y equipo:

- Equipo de protección personal: careta de soldador, guantes de cuero, mandil de cuero, brazaletes de cuero, botas de seguridad y polainas de cuero.

- Fuente de alimentación para soldadura GMAW.
- Carrete de metal de aporte.
- Cilindro de gas protector.
- Regulador de caudal de gas protector.
- Cables de potencia.
- Electrodo ER70S-6.
- Lámina de acero al carbono A36 de 6 mm de espesor.
- Válvula anti-retorno.
- Mangueras de gas protector.
- Pistola de soldadura GMAW.

Procedimiento:

❖ Configuración del equipo gmaw

1. Verifique que los cilindros de argón y nitrógeno se encuentren con sus respectivas tapas protectoras, válvulas de escape cerradas. Llevar a cabo la experiencia en un recinto cerrado para evitar inconvenientes con los gases protectores.
2. Conecte el cilindro de gas protector a la máquina de soldadura.
3. Reconozca la máquina de soldadura, ajustando los cables para la pinza de masa y para la pistola.
4. Identifique en el equipo las perillas indicadas para realizar ajustes de voltaje, flujo de gas protector y velocidad de alambre de metal de aporte.
5. Conecte la pinza de masa al lugar de trabajo donde se soldará la pieza. .
6. Verifique que los manómetro de baja presión del cilindro de gas protector se encuentren en cero, de no ser así se debe primero hacer una purga de gases antes de iniciar con la experiencia.

❖ Mecanismos de transferencia

1. Verifique que el equipo de soldadura GMAW con el cual este trabajando se encuentre debidamente instalado.
2. Ubique el control de la velocidad de alimentación del alambre en un punto medio.
3. Ajuste el flujo de gas de protección a una velocidad de 16 L/min.
4. Asigne el flujo de voltaje en el rango 15–22 voltios (Mecanismo de transferencia corto circuito).

5. Aplique con los ajustes mencionados anteriormente dos cordones de soldadura en posición 1G, uno de estos con un ángulo de arrastre y otro con un ángulo de empuje (Figura 1), analizando a su vez condiciones como: voltaje, amperaje, tamaño del cordón, entre otros.
6. Registre las observaciones del procedimiento anterior en la tabla 1.
7. Ajuste nuevamente el equipo de soldadura variando en el rango de 23-24 voltios (Mecanismo de transferencia globular), utilizando la misma configuración para la velocidad de alambre y para flujo de gas de protección.
8. Repita los pasos 5 y 6.
9. Ajuste nuevamente el equipo de soldadura variando en el rango de 24-35 voltios (Mecanismo de transferencia rocío o spray), utilizando la misma configuración para la velocidad de alambre y para flujo de gas de protección
10. Repeta los pasos 5 y 6.

Tabla 1. Resultados de mecanismos de transferencia.

Ajuste del equipo	Ángulo de la pistola	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Salpicaduras	Descripción de la soldadura
Corto circuito	Empuje				
	Arrastre				
Globular	Empuje				
	Arrastre				
Rocío o Spray	Empuje				
	Arrastre				

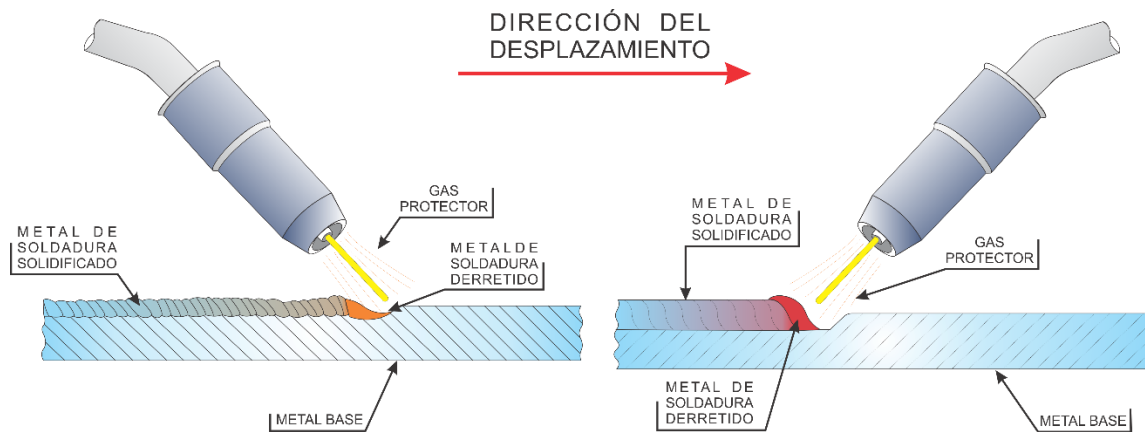


Figura 1. Representación esquemática del ángulo de la pistola utilizado en el proceso de soldadura de arco metálico con protección de gas. En la parte izquierda se encuentra la aplicación de soldadura con un ángulo de empuje y en la derecha con un ángulo de arrastre.

Cuestionario:

- ¿Qué características añaden los gases de protección en la realización de la soldadura? Mencione los diferentes gases de protección que existen en el mercado.
- ¿Qué influencia tiene la extensión del electrodo (distancia entre el tubo de contacto y la pieza) en la soldadura?
- ¿De qué manera afecta el ángulo de la pistola al cordón de soldadura?
- ¿Qué condiciones se deben tener en cuenta en el momento de elegir el mecanismo de transferencia para realizar una unión soldada?
- Mencione algunas de las características principales del metal de aporte utilizado durante la práctica.

Bibliografía:

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- JOSEPH W. GIACHINO Y WILLIAM WEEKS, Técnica y práctica de la soldadura. Western Michigan University Kalamazoo, USA, 1998.
- CARLOS AUGUSTO LANDA SALAS Y FRANCISCO RICAÑO HERRERA, Manual de prácticas de soldadura por arco eléctrico manual (TIG, MIG, SMAW), trabajo teórico práctico.

Universidad Veracruzana, Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica, Agosto 2011. [En línea]
Disponibile en: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32944/1/landasalas.pdf>>

- CAROLINA LLANO URIBE, Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, un proceso rápido, limpio y versátil, revista metal actual. Marzo 2010. [Citado 7/12/2016] Disponible en: <[Www.Metalactual.Com](http://www.Metalactual.Com)>
- ASTM INTERNATIONAL, Especificación normalizada para acero al carbono estructural. Designación A36/A 36M-08, USA, 2008
- LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo MIG (GMAW) ER70S-6, Cleveland, USA. [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_MIGGMAWWires-L-S-LS6/L-S6_ES-MX.pdf>

LABORATORIO DE SOLDADURA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
PRÁCTICA 5
PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO BAJO GAS PROTECTOR CON
ELECTRODO DE TUNGSTENO

Introducción

El proceso de soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) o TIG (Tungsten Inert Gas) emplea electrodos de tungsteno no consumibles utilizando gas inerte como sistema protección del arco eléctrico que se genera entre el electrodo y la pieza a unir durante el proceso de soldadura. Para llevar a cabo las uniones, se pueden realizar configuraciones de corriente alterna para efectuar soldaduras en aluminio o magnesio y también corriente continua (con polaridad normal o invertida) para aceros y otras aleaciones. Además, tanto la salida de corriente del equipo como el diámetro del electrodo y la composición del mismo, estarán sujetas al espesor de las piezas de trabajo.

Objetivos

Identificar las variables del proceso de soldadura TIG según el tipo de aleación y espesor de las piezas de trabajo y comprobar la incidencia que tiene el cambio de parámetros de operación en el resultado final de un proceso de unión con electrodos de tungsteno de diferente composición en aleaciones ferrosas.

Temas de consulta

- Denominación AWS y clasificación (tipo de óxido, porcentaje de óxido y color) de los electrodos de tungsteno.
- Especificaciones de amperaje, tipo de corriente (frecuencia y polaridad), diámetro del electrodo y forma adecuada de la punta del electrodo, según el tipo de metal y el espesor de las piezas de trabajo.

Materiales y equipo

- Equipo de protección personal: Careta con filtro adecuado para soldadura TIG, guantes de cuero, mandil de cuero, brazaletes de cuero, botas de seguridad y polainas de cuero.
- Fuente de poder para soldadura TIG de corriente constante con unidad de alta frecuencia.
- Pinza de masa y antorcha para soldadura TIG.
- Cilindro de argón con tapa protectora.
- Regulador de presión para el cilindro de argón (manómetro y flujómetro).
- Lámina de acero inoxidable AISI 304 de 4.5 mm de espesor.
- Lámina de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor.
- Electrodo de tungsteno punto rojo de 1/8" de diámetro.

Procedimiento

Reconocimiento de los equipos y precauciones.

1. Lleve a cabo la experiencia en un recinto ausente de viento.
2. Verifique que el cilindro de argón se encuentren con su respectiva tapa protectora y válvula de escape cerrada.
3. Ajuste el regulador de presión al cilindro de argón.
4. Identifique los componentes de la antorcha de soldadura: porta electrodo (tapa, fija electrodo, difusor de gas y tobera) y sistema de refrigeración de la antorcha.
5. Ajuste los cables de la pinza de masa y la antorcha a la fuente de poder.
6. Reconozca los comandos de configuración en el equipo de soldadura para el ajuste de los tipos de corriente, polaridad y amperaje de salida.
7. Ajuste el electrodo previamente afilado en el porta electrodos dejando la punta del electrodo a una distancia de 3 mm afuera del borde de la tobera.
8. Conecte la pinza de masa a la mesa de trabajo.

Soldadura sobre lámina de acero inoxidable aisi 304 con variación de flujo de gas protector.

Los flujos de salida de argón para cada proceso son los siguientes

- proceso con flujo de gas protector adecuado: de 5 a 7 L/min.
- proceso con exceso de flujo de gas protector: de 10 a 12 L/min.
- proceso con flujo insuficiente de gas protector: de 1 a 2 L/min.

Pasos para establecimiento del arco y aplicaciones de los cordones de soldadura.

1. Ajuste el flujo de gas protector.
2. Ajuste la fuente de poder con la unidad de alta frecuencia y configurar un amperaje de salida de 140 amperios.
3. Establezca un punto de inicio sobre la lámina de acero inoxidable, acercar la punta del electrodo a la superficie de la lámina a una distancia entre 2mm y 4 mm. Inclinar la antorcha en posición de avance alrededor de 60° respecto a la horizontal y activar el paso del gas y el encendido de la antorcha.
4. Una vez establecido el arco, forme el baño de fusión sobre la lámina y avanzar haciendo movimientos semicirculares hasta terminar el cordón.

Soldadura sobre lámina de acero al carbono astm a36 con variación de polaridad de trabajo.

1. Abra la válvula del cilindro y ajustar el flujo de salida del gas hacia la antorcha entre 5 L/min y 7L/min.
2. Ajuste el equipo de soldadura en la corriente de salida continua positiva con polaridad inversa ajustando un amperaje de salida de 80 amperios.
3. Establezca un punto de inicio sobre la lámina de acero inoxidable, acercar la punta del electrodo a la superficie de la lámina a una distancia entre 2mm y 4mm. Inclinar la antorcha en posición de avance alrededor de 60° respecto a la horizontal y activar el paso del gas y el encendido de la antorcha y aplicar un cordón de soldadura.
4. Ajuste el equipo de soldadura en la corriente de salida continua negativa con polaridad directa ajustando un amperaje de salida de 80 amperios.
5. Aplique un cordón de soldadura con los parámetros anteriormente descritos.

Nota: El amperaje recomendado puede variar según el espesor de la lámina.

Cuestionario

- ¿Qué efecto tiene sobre el cordón de soldadura el tipo de polaridad utilizado? Elabore un cuadro comparativo de los resultados obtenidos, haciendo uso de fotografías tomadas durante la experiencia.
- Elabore un esquema del flujo de electrones durante el proceso de soldadura TIG para los diferentes tipos de corriente y polaridades (CA, CDEP, CDEN)
- ¿Cómo influye el flujo de gas de protección en la ejecución y el resultado de la aplicación de un cordón de soldadura?
- Describa la importancia del afilado del electrodo y las aplicaciones según la forma de la punta del mismo.

Bibliografía

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- JOSEPH W. GIACHINO Y WILLIAM WEEKS, Técnica y práctica de la soldadura. Western Michigan University Kalamazoo, USA, 1998.
- CARLOS AUGUSTO LANDA SALAS Y FRANCISCO RICAÑO HERRERA, Manual de prácticas de soldadura por arco eléctrico manual (TIG, MIG, SMAW), trabajo teórico práctico. Universidad Veracruzana, Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica, Agosto 2011. [En línea] Disponible en: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32944/1/landasalas.pdf>>
- ASTM INTERNATIONAL, Especificación normalizada para acero al carbono estructural. Designación A36/A 36M-08, USA, 2008
- AISI (INSTITUTO AMERICANO DE HIERRO Y ACERO), Acero inoxidable, AISI 304. [Citado: Enero 15 de 2017]

LABORATORIO DE SOLDADURA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
PRÁCTICA 6
ELECTRODOS Y SOLDABILIDAD

Introducción

A lo largo de la historia se ha generado la necesidad de unir materiales metálicos, sin embargo, a pesar de que actualmente existen diferentes procesos para la unión se debe ser cuidadoso y habil para producir juntas fuertes y aceptables. El principal factor el cual es primordial para realizar una soldadura se conoce como soldabilidad, el cual según la AWS (American Welding Society) se define como “la capacidad de un metal para ser soldado bajo condiciones de fabricación impuestas, de manera específica y apropiada a una estructura diseñada y para funcionar satisfactoriamente en el servicio pretendido”. La soldabilidad involucra a su vez la metalurgia de los metales que serán soldados y los electrodos utilizados, además de los procesos de soldadura, el diseño de juntas, preparación previa a la soldadura, tratamientos térmicos, entre otros.

Objetivo

Identificar los electrodos que se utilizan en los diferentes procesos de soldadura y la capacidad que tienen los metales para ser soldados junto con los factores que se deben tener en cuenta para lograr una buena soldabilidad.

Temas de consulta

- Denominación de los electrodos para los principales procesos de soldadura.
- Características físicas, químicas y mecánicas de las uniones soldadas.
- Efectos del calor aplicado durante el proceso de soldadura.
- Características de los electrodos E6013

Materiales y equipo

- Equipo de protección personal: careta de soldador, guantes de cuero, pechera de cuero, mangas de cuero, botas de seguridad y polainas de cuero.
- Equipo de soldadura
- Mangueras de pinza portaelectrodos y de masa.
- Pinza portaelectrodo.
- Pinza de masa.
- Piqueta para retirar la escoria.
- Cepillo de cerdas de acero.
- Pieza de fundición gris
- Láminas de aluminio tipo AA 6063
- Electrodo E6013

Procedimiento

❖ Reconocimiento del equipo

1. Identifique el equipo con el cual se realizará el procedimiento.
2. Revise que el cable de alimentación de la maquina soldadora se encuentre en buen estado antes que el aparato sea conectado; luego de verificar lo anterior proceda a conectar adecuadamente a la corriente eléctrica.
3. Verifique la conexión del cable de masa y del portaelectrodo en los conectores adecuados, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - Corriente continua de electrodo positivo, polaridad inversa: el cable de masa debe ir conectado en el conector negativo y el portaelectrodo en el positivo.
 - Corriente continua de electrodo negativo, polaridad directa: el cable de masa debe ir conectado en el conector positivo y el portaelectrodo en el negativo.
 - Corriente alterna: No influye la conexión ya que cambia continuamente su polaridad.
4. Conecte la pinza de masa a la pieza y coloque el electrodo que va a utilizar inicialmente en la pinza portaelectrodo.
5. Compruebe que las perillas de la maquina se encuentren en cero y proceda a encender la máquina.

❖ Aplicación de la soldadura en aluminio y fundición gris

1. Ajuste y configurar la máquina de soldadura con una corriente continua con polaridad inversa para el electrodo E6013 (110 A).
2. Prepare una lámina de aluminio, realizando una limpieza anterior a la aplicación de la soldadura.
3. Aplique un cordón o puntos de soldadura para unir láminas de aluminio utilizando el electrodo E6013.
4. Ajuste y configurar la máquina de soldadura con una corriente continua con polaridad inversa para el electrodo E6013 (110 A).
5. Prepare la pieza de fundición gris antes de aplicar la soldadura, es decir, lavar y lijar para retirar óxidos, suciedad, etc.
6. Aplique un cordón o puntos de soldadura para unir las partes de las piezas de fundición gris utilizando el electrodo E6013.
7. Realice ensayos de doblado manual de forma longitudinal a la soldadura aplicada como se muestra en la figura 1, con el fin de analizar la ductilidad del cordón de soldadura.

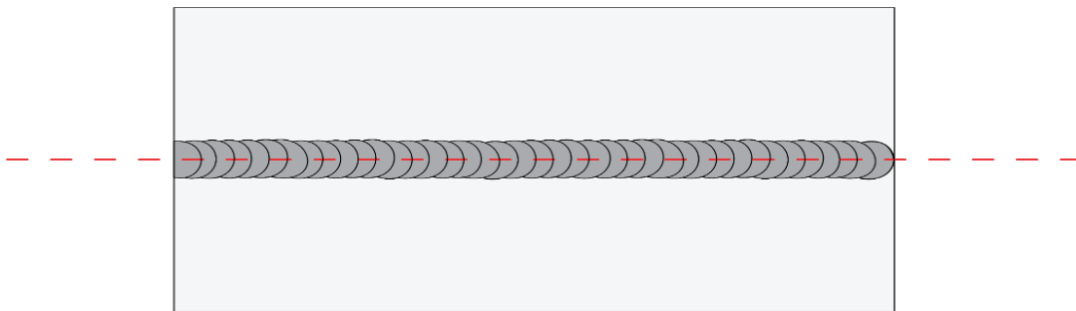


Figura 1. Esquematación guía para ensayo de doblado manual.

Cuestionario

- Mencione los problemas que se pueden presentar al aplicar un cordón soldadura sobre una fundición gris.
- ¿Qué preparación se les debe hacer a los aceros de alto carbono, fundiciones y aluminio antes de la soldadura? ¿Qué otro tipo de metal requiere de una preparación antes de la soldadura?

- ¿Cómo se debe limpiar la pieza antes de ser soldada? ¿Qué problemas se presentan de no realizar una limpieza adecuada?
- ¿Qué ocurre con el óxido de aluminio en el momento en el cual se aplica una soldadura en una lámina de aluminio?
- ¿La ductilidad de la soldadura aplicada a una fundición es alta o baja? Explique.

Bibliografía

- LARRY JEFFUS, soldadura principios y aplicaciones, editorial paraninfo, quinta edición, España, 2009.
- ORLANDO JOSÉ GÓMEZ, Soldadura de metales, Escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1993.
- GRUPO ALUMINA - ALUMINIO NACIONAL S.A., Ficha técnica de aluminio AA 6063. [Citado: Noviembre 29 de 2016]
- WILLIAM D. CALLISTER, Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, volumen 1, Universidad de Utah, USA. Julio 2007
- SERAFÍN SEGOVIA BAUTISTA, Manual de soldadura, ejercicios prácticos de soldadura al arco. Electrodo revestido, AMV ediciones, primera edición, 2012
- JAMES A. PENDER, Soldadura, tercera edición, Tabor Park Secondary School, Scarborough, Ontario, 1993
- LINCOLN ELECTRIC, Ficha técnica para electrodo revestido E6063, Cleveland, USA. [Citado: 20/11/2016] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Lincoln-LincolnMaster/LincolnMaster_6013_ES-MX.pdf>