

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de Magíster en
Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Sismorresistentes

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE CAPACITACION PARA LA
CALIFICACIÓN DE SOLDADORES ANEXO AL LABORATORIO DE
MATERIALES DE LA PUCE**

Autor: Bryan Sebastián Guevara Lucio

Director - Tutor: Bolívar Mauricio Cely Vélez

Quito, Marzo2024

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Bryan Sebastián Guevara Lucio**, con C.I. 0202343281, autor (a) del trabajo de investigación titulado **“Implementación de un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la PUCE”**, previa a la obtención del grado académico de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES** en la Facultad de Ingeniería:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), de conformidad con el Artículo 144° de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESYT en formato digital una copia del referido trabajo de investigación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) a difundir, a través del sitio web de la biblioteca virtual, el referido trabajo de investigación, respetando las políticas de propiedad intelectual de esta Universidad.

Quito, 25 marzo de 2024

Bryan Sebastián Guevara

C.I. 0202343281

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado titulado “**Implementación de un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la PUCE**”, presentado por el maestrante **Bryan Sebastián Guevara**, titular de la Cédula de Identidad N° **0202343281** para optar al Grado de Magíster en Ingeniería Civil con mención en Estructuras Sismorresistentes, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería.

En la ciudad de Quito, a los 25 días de marzo de 2024.

Bolívar Mauricio Cely Vélez

C.I.

bmcely@puce.edu.ec

099 857 4876

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: **X%** índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, **Bryan Sebastián Guevara**, titular de la Cédula de Identidad N° 0202343281, declaro que los resultados obtenidos en la investigación, como requisito previo para lo obtención del Grado Académico de Magíster en Ingeniería Civil con mención en Estructuras Sismorresistentes, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos, que se desprenden del trabajo de investigación, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

En la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de marzo de 2024.

Bryan Sebastián Guevara

C.I. 0202343281

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: **X%** índice de similitud con otras fuentes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Marco teórico	18
2.2.1. Soldadura	18
2.2.2. Principios fundamentales de la soldadura.....	19
2.2.3 Tipos de soldadura	20
2.2.4 Problemas relacionados con la capacitacion en soldadura	21
2.2.5. Normas AWS D1.1 y D1	23
2.2.6. Normativas NEC.....	24
2.2.7. Profesionales de soldadura.....	25
2.2.8. Norma para la certificación de inspectores de soldaduras de la AWS	26
2.3 Marco conceptual.....	29
CAPÍTULO III: ELABORACIÓN DEL PLAN DE CAPACITACIÓN.....	30
3.1 Identificación de contenidos y competencias necesarias para la calificación de soldadores	30

3.2 Diseño de los módulos de capacitación	33
3.3 Metodología y estrategias de enseñanza-aprendizaje.	37
3.4 Evaluación y seguimiento del proceso de capacitación.....	38
CAPÍTULO IV: CREACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CAPACITACIÓN.....	41
4.1 Diseño de las estaciones de soldadura	41
4.1.1 Espacio de trabajo	41
4.1.2 Bancos de trabajo.....	41
4.1.3 Área de Almacenamiento.....	42
4.1.4 Ventilación.....	44
4.1.5 Iluminación	46
4.1.6 Seguridad	46
4.2 Equipamiento de las estaciones de soldadura	50
4.2.1 Equipos de soldadura	50
4.2.2 Equipos de corte y preparación de soldaduras.....	52
4.2.3 Herramientas	55
4.2.4 Materiales y consumibles.....	55
4.2.5 Estaciones de inspección y pruebas	56
4.3 Capacitación y entrenamiento del personal encargado de las estaciones.	57
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD	58
5.1 Evaluación de la disponibilidad y adecuación de las instalaciones existentes	58
5.2 Estudio de los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1.....	59
5.3 Evaluación económica y financiera del proyecto	61
5.3.1 Costos del proyecto.....	61
5.3.2 Ingresos del proyecto	63
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1 Conclusiones	65
6.2 Recomendaciones	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Problemas relacionados con la capacitacion en soldadura	22
Tabla 2. Cantidad de EPP	50
Tabla 3. Equipos básicos requeridos para el centro de capacitación	50
Tabla 4. Descripción de los equipos de corte y preparación de soldaduras requeridas para el centro de capacitacion.....	53
Tabla 5. Descripción de las herramientas requeridas para el centro de capacitacion	55
Tabla 6. Descripción de los materiales requeridos	55
Tabla 7. Descripción de los elementos de las estaciones de inspección y prueba.....	56
Tabla 8. Capacitación y entrenamiento del personal encargado de las estaciones	57
Tabla 9 Estudio de los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1	60
Tabla 10. Costos asociados a las estaciones de soldadura	61
Tabla 11 Descripción de los costos asociados al equipamiento de los equipos.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de soldadura.....	21
Figura 2. Inspección de Soldadura AWS D1.	24
Figura 3. Símbolos de la soldadura.....	34
Figura 4. Técnicas de arco eléctrico, cordón oscilante y recto	35
Figura 5. Defectos de soldadura.....	36
Figura 6. Ejemplo de un banco de soldadura.....	42
Figura 7. Ejemplo de estanterías o gabinetes.....	43
Figura 8. Ejemplo de armarios ignífugos.....	43
Figura 9. Ejemplo de pisos para las estaciones de trabajo.....	44
Figura 10. Ejemplo de sistema de extracción de humos.....	45
Figura 11. Ejemplo de extintor de incendios	47
Figura 12. Equipo de Soldadura por Arco Eléctrico (SMAW).....	51
Figura 13. Equipo de Soldadura TIG (GTAW)	51
Figura 14. Equipo de Soldadura MIG/MAG (GMAW).....	52
Figura 15. Sierra de Cinta para Metal marca Jet o Grizzly.....	54
Figura 16. Máquina de corte por plasma portátil.....	54
Figura 17. Conjunto de oxicorte	54
Figura 18. Cámara de inspección portátil con pantalla LCD Modelo: DEPSTECH DS450 Dual Lens	57
Figura 19. Área para planos del centro de capacitación de soldadores	59
Figura 20. Planos del centro de capacitación de soldadores.....	71
Figura 21. Laboratorio de Soldadura	72
Figura 22. Distribución Laboratorio de Soldadura	72
Figura 23. Estación de Capacitación Laboratorio de Soldadura.....	73
Figura 24. Área de Trabajo del Laboratorio de Soldadura	73

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE CAPACITACION PARA LA
CALIFICACIÓN DE SOLDADORES ANEXO AL LABORATORIO DE
MATERIALES DE LA PUCE**

Autor:

Bryan Sebastián Guevara Lucio

Director -Tutor:

Msc. Bolívar Mauricio Cely Vélez

Fecha:

Marzo, 2024

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue implementar un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la PUCE. Para lo cual, se diseñó un programa integral de capacitación que abarca desde fundamentos básicos hasta aspectos avanzados de seguridad y calidad en soldadura. La metodología educativa combina clases teóricas con prácticas, evaluación continua y seguimiento del progreso de los participantes, además, se establecieron seis estaciones de soldadura equipadas con infraestructura adecuada, medidas de seguridad y equipo de protección personal según las normativas. Obteniendo como resultado que el presente proyecto es viable, tanto en términos de calidad educativa como económica, dado que, la metodología adoptada promueve el desarrollo de habilidades fundamentales en los soldadores, cumpliendo con estándares de calidad y seguridad. Las instalaciones están adecuadamente equipadas para brindar un entorno de aprendizaje seguro y efectivo y la evaluación económica sugiere que el proyecto tiene el potencial de generar ingresos sostenibles a través de los programas formativos. El programa de capacitación integral y estructurado prepara a los soldadores para cumplir con los requisitos de la industria; las instalaciones están diseñadas con atención a las normativas de seguridad y comodidad y la evaluación económica indica la viabilidad financiera del proyecto, aunque se recomienda un análisis más detallado del mercado antes de su implementación. Finalmente, se sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo del mercado y la competencia antes de la implementación del centro de capacitación.

Palabras clave: centro de capacitación, calificación de soldadores, laboratorio de materiales, PUCE, viabilidad.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

**IMPLEMENTATION OF A TRAINING CENTER FOR THE QUALIFICATION OF
WELDERS ANNEX TO THE PUCE MATERIALS LABORATORY**

Autor:

Bryan Sebastián Guevara Lucio

Director -Tutor:

Msc. Bolívar Mauricio Cely Vélez

Fecha:

Marzo, 2024

ABSTRACT

The objective of the present study was to implement a training center for the qualification of welders annexed to the materials laboratory of PUCE. To achieve this, a comprehensive training program was designed covering basic fundamentals to advanced aspects of safety and quality in welding. The educational methodology combines theoretical classes with practical sessions, continuous evaluation, and monitoring of participants' progress. Additionally, six welding stations were set up equipped with appropriate infrastructure, safety measures, and personal protective equipment according to regulations. The result obtained indicates that the current project is viable, both in terms of educational quality and economic viability. The adopted methodology fosters the development of fundamental skills in welders, meeting quality and safety standards. The facilities are adequately equipped to provide a safe and effective learning environment, and the economic evaluation suggests that the project has the potential to generate sustainable income through training programs. The comprehensive and structured training program prepares welders to meet industry requirements; the facilities are designed with attention to safety and comfort regulations, and the economic evaluation indicates the financial feasibility of the project, although a more detailed market analysis is recommended before implementation.

Keywords: Training center, welder qualification, materials laboratory, PUCE, viability.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se centra en mejorar la formación y cualificación de los soldadores, según un análisis realizado en colaboración con el laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE); estableciendo que, se ha identificado una falta en la formación de soldadores, lo que destaca la importancia de establecer un centro de formación junto al laboratorio de materiales y el planteamiento del problema implica evaluar si es viable esta implementación, identificar los contenidos y habilidades necesarias para cualificar a los soldadores, y diseñar las estaciones de formación.

Los principales beneficiarios serían los estudiantes interesados en recibir una capacitación sólida en soldadura, así como los profesionales del sector que buscan mejorar sus habilidades y obtener una certificación adecuada. Además, toda la comunidad se verá favorecida al contar con soldadores capacitados que aseguren calidad y seguridad en proyectos de soldadura.

La propuesta correspondiente al plan formativo incluyó distintas fases: primero se identificaron los contenidos y habilidades necesarios para cualificar a los soldadores. Después, se desarrollaron módulos formativos, se definieron las metodologías y estrategias educativas, y se implantaron procesos para evaluar el proceso formativo. Además, se estableció un área física apropiada y provista de las herramientas y materiales necesarios para realizar la capacitación práctica de los soldadores.

Este trabajo está organizado en seis capítulos que siguen un enfoque progresivo y sistemático para explorar el tema en cuestión. A continuación, se detallan cada uno de ellos:

El Capítulo 1, que corresponde a la introducción, en el cual se aborda el planteamiento del problema relacionado con la necesidad de mejorar la capacitación y calificación de soldadores, especialmente en colaboración con el laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Se comienza identificando la deficiencia existente en el proceso de formación de soldadores y se establecen los objetivos generales y específicos de la investigación. Además, se delimita el alcance del proyecto, definiendo los límites y aspectos a considerar durante el desarrollo de la implementación del centro de capacitación anexo al laboratorio de materiales de la PUCE.

En el Capítulo 2, que corresponde al marco teórico y conceptual en el cual se presenta una revisión exhaustiva de los antecedentes y fundamentos teóricos relacionados con la soldadura. Se exploran los principios fundamentales de este proceso, los diferentes tipos de soldadura, así como las normativas y certificaciones relevantes en la industria. Se analizan

también los aspectos conceptuales que fundamentan la necesidad de mejorar la capacitación de los soldadores, destacando la importancia de cumplir con estándares de calidad y seguridad en los procesos de soldadura.

En el Capítulo 3, se presenta la elaboración del plan de capacitación, en el cual se detalla el proceso de elaboración del plan de capacitación para la calificación de los soldadores en el centro anexo al laboratorio de materiales de la PUCE. Se identifican los contenidos y competencias necesarias para la formación de los soldadores, se diseñan los módulos de capacitación y se establecen las metodologías y estrategias de enseñanza-aprendizaje que se implementarán durante el proceso de formación.

Mientras que, en el Capítulo 4, se desarrolla la creación de las estaciones de capacitación, en el cual se presenta la creación física de las estaciones de capacitación para la formación de soldadores. Se describe el diseño detallado de las estaciones de soldadura, incluyendo aspectos como el espacio de trabajo, los bancos de trabajo, el área de almacenamiento, la ventilación, la iluminación y las medidas de seguridad necesarias para garantizar un entorno de aprendizaje seguro y efectivo.

A continuación, en el Capítulo 5, se efectuó la evaluación de la viabilidad del proyecto de implementación del centro de capacitación para la calificación de soldadores, en el cual se analiza la disponibilidad y adecuación de las instalaciones existentes, se estudiaron los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1, y se realizaron una evaluación económica y financiera del proyecto, considerando tanto los costos como los ingresos potenciales.

Finalmente, el Capítulo 6 corresponde a las conclusiones y recomendaciones, en el cual se sintetizan los logros alcanzados en relación con los objetivos planteados y se sugieren acciones que puedan contribuir al éxito continuo del centro de capacitación para la calificación de soldadores.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La industria de la soldadura es un sector fundamental en la fabricación y construcción, donde se emplea la técnica de unir materiales mediante la aplicación de calor y, en algunos casos, presión. Esta industria juega un rol relevante en la construcción de infraestructuras, la fabricación de maquinaria y la producción de una amplia gama de productos, que abarca desde vehículos automotores hasta estructuras de metal (American Welding Society , 2020). La soldadura se utiliza para crear uniones sólidas y duraderas en metales y otros materiales, lo que la convierte en un proceso esencial en numerosas aplicaciones industriales (Friti et al., 2021). La seguridad y la capacitación adecuada de los soldadores son aspectos fundamentales en esta industria, ya que garantizan la calidad y la integridad de las soldaduras, así como la protección de los trabajadores (Bhaskarrao & Wankhede, 2020).

Según la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU. (BLS, 2023), se prevé que el empleo de soldadores, cortadores y soldadores muestre pocos o ningún cambio entre 2022 y 2032. Sin embargo, se proyectan alrededor de 42,600 vacantes para estas ocupaciones cada año, con la mayoría de ellos resultantes de la necesidad de reemplazar a trabajadores que se trasladan o se jubilan.

A escala mundial, el tamaño del mercado de soldadura se valoró en 23.750 millones de dólares en 2022 y se prevé que crezca a 34.180 millones de dólares en 2030, exhibiendo una tasa compuesta anual del 4,7% durante el período previsto. Además, se estima que el mercado de equipos de soldadura crecerá en 5,68 mil millones de dólares de 2022 a 2026 a una tasa compuesta anual del 7%, y la industria automotriz tendrá la mayor participación de mercado (Fortune, 2023).

La implementación de un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) se justifica por varias razones. En primer lugar, existe una creciente demanda de soldadores capacitados y calificados en la industria de la soldadura. La capacitación y calificación adecuada de los soldadores son aspectos cruciales para asegurar la excelencia y protección en los procesos de unión de materiales. Al establecer un centro de capacitación especializado en soldadura, se podrá brindar una formación de calidad y actualizar las habilidades de los soldadores, lo que contribuirá a elevar los estándares en la industria.

En segundo lugar, la colaboración entre el laboratorio de materiales de la PUCE y el centro de capacitación para la calificación de soldadores permitirá aprovechar los recursos y

conocimientos disponibles en ambas instituciones. La PUCE cuenta con un laboratorio de materiales equipado con tecnología de vanguardia y personal experto en el campo de la soldadura. Esta colaboración permitirá complementar los conocimientos teóricos con la práctica y el uso de equipos especializados, creando un entorno de aprendizaje integral para los soldadores.

Además, al evaluar la viabilidad de implementar este centro de capacitación, se podrán identificar los recursos necesarios y evaluar la disponibilidad y adecuación de las instalaciones existentes. Esto asegurará que se dispongan de los elementos pertinentes para brindar una capacitación de calidad y cumplir con los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1.

En el sector de la industria de la soldadura, la capacitación y calificación de los soldadores son aspectos cruciales para asegurar el cumplimiento de los procesos de unión de materiales. En este sentido, la implementación de un laboratorio de soldadura que trabaje juntamente con el laboratorio de materiales de la PUCE podría ser una estrategia efectiva para fortalecer la formación y calificación de los soldadores, en línea con las normas AWS D1.1 y D1. Sin embargo, antes de llevar a cabo esta implementación, es necesario abordar ciertos interrogantes y desafíos. En primer lugar, se requiere evaluar la viabilidad de establecer un laboratorio de soldadura en colaboración con el laboratorio de materiales de la PUCE, lo cual implica realizar un análisis exhaustivo de los recursos necesarios, evaluar la disponibilidad y adecuación de las instalaciones existentes, y estudiar los requisitos técnicos y normativos relacionados con estas normas.

Además, se debe diseñar un plan de capacitación y calificación de soldadores basado en las mencionadas normas, lo cual implica identificar los contenidos y competencias requeridas, tanto teóricas como prácticas, para la formación de los soldadores. También se deben establecer los criterios y procesos para la calificación de los soldadores, que incluyan pruebas de habilidades prácticas y conocimientos teóricos.

Finalmente, es fundamental evaluar el impacto de la implementación del laboratorio de soldadura en la formación y calificación de los soldadores. Esto implica realizar un seguimiento de los resultados de la capacitación y calificación, evaluando la calidad y nivel de competencia de los soldadores formados en comparación con los estándares establecidos por las normas AWS D1.1 y D1.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la PUCE.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaboración del plan de capacitación para la calificación de soldadores en un centro anexo al laboratorio de materiales de la PUCE.
- Creación de las estaciones de capacitación para la calificación de soldadores en un centro anexo al laboratorio de materiales de la PUCE.
- Evaluar la viabilidad de implementar un centro de capacitación para la calificación de soldadores anexo al laboratorio de materiales de la PUCE.

1.3 Justificación

La propuesta de investigación se enfoca en establecer un centro de formación para la certificación de soldadores vinculado al laboratorio de materiales de la PUCE. Esta decisión surge de la necesidad identificada a nivel institucional de fortalecer la capacitación y certificación de los soldadores, en concordancia con las normas AWS D1.1 y D1, y mejorar la calidad y seguridad en los procesos de soldadura. Actualmente, existe una falta en la formación específica y certificación de los soldadores, lo que podría resultar en deficiencias en su desempeño laboral y el cumplimiento de los estándares requeridos por la industria.

La puesta en marcha del centro formativo abordará estas carencias al ofrecer un programa detallado que abarca desde conceptos básicos hasta aspectos avanzados relacionados con la seguridad y calidad en soldadura. Además, al estar asociado al laboratorio de materiales de la PUCE, se asegura el acceso a instalaciones adecuadas y a las normativas indispensables para garantizar seguridad y calidad.

La importancia de este estudio radica en su potencial para mejorar la formación y certificación de los soldadores, lo que ayudará al avance de la industria y al cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad. Además, al ser un proyecto viable tanto en términos educativos como económicos, representa una oportunidad para generar ingresos sostenibles a través de programas de formación.

En este contexto, la creación de un centro de capacitación para la certificación de soldadores junto al laboratorio de materiales de la PUCE es una respuesta necesaria a las carencias actuales en la formación y certificación de los soldadores. Este proyecto contribuirá significativamente al desarrollo de habilidades y competencias en los soldadores, así como al cumplimiento de los estándares industriales en calidad y seguridad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la investigación

El objetivo de la investigación de Borja (2021) fue examinar las capacidades y competencias profesionales de los inspectores de segundo nivel en soldadura certificados como CWI (*Certified Welding Inspector*) bajo los códigos API 1104 y AWS D1.1. Se buscó determinar la pertinencia y aplicabilidad de estas competencias, considerando la cobertura, sustentabilidad y factibilidad. Este estudio presento un enfoque cualitativo y explicativo, y se recolectaron datos a través de encuestas en línea dirigidas a 20 profesionales CWI en el sector industrial en Ecuador. Además, se realizó una encuesta en línea dirigida a estudiantes y graduados de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con un total de 50 respuestas. Los datos se procesaron mediante gráficos y se utilizó una matriz con un método tipo PUGH para comparar las normativas API 1104 y AWS D1.1. Como conclusión principal, se resalta que la inspección de soldadura experimenta un aumento en su demanda, y se aconseja promover el establecimiento de entidades certificadoras que ofrezcan programas educativos de alto nivel para formar a inspectores CWI. Esto garantizará una formación de calidad y una exitosa incorporación en un entorno laboral cada vez más avanzado y competitivo desde el punto tecnológico.

En el estudio de Siang et al. (2022) se exploró el uso de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) en la formación en soldadura, centrándose en su efectividad y aplicabilidad en el aprendizaje a distancia. Mediante una revisión bibliográfica, se identificaron funciones principales en los talleres virtuales de soldadura y se analizó su adaptación al dominio psicomotor. Aunque se encontró un crecimiento en la investigación sobre esta temática, destacando la necesidad de mayor investigación sobre la efectividad de RV y RA en el aprendizaje a distancia. Se resaltaron las limitaciones y desafíos en la implementación de estas tecnologías. Los resultados contribuyen a la comprensión de las ventajas y consideraciones clave para mejorar la formación en soldadura mediante RV y RA, especialmente en contextos de aprendizaje a distancia y en tiempos de pandemia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Soldadura

La soldadura es un proceso fundamental en la fabricación y construcción que revoluciona la manera en que unimos metales y otros materiales. Esta técnica permite la unión

permanente de piezas metálicas, formando conexiones resistentes y duraderas mediante la fusión de sus bordes o superficies. A medida que la tecnología avanza, la soldadura ha evolucionado y diversificado en un conjunto de métodos y técnicas especializadas para adaptarse a las necesidades específicas de diversas industrias y aplicaciones. En esta exploración en profundidad, vamos a desglosar lo que es la soldadura, examinar sus fundamentos esenciales, explorar los procesos comunes que se utilizan y sumergirnos en las diversas aplicaciones que hacen de la soldadura un elemento clave en el mundo moderno. Desde la construcción de puentes hasta la fabricación de automóviles y la exploración espacial, la soldadura desempeña un papel crucial en la creación de estructuras y productos que son vitales para nuestra sociedad (Phillips, 2016).

2.2.2. Principios fundamentales de la soldadura

La soldadura se basa en el principio de fundir o derretir el material base (generalmente metal) para que se fusionen y formen una unión sólida cuando se enfría. A continuación, se presentan los aspectos clave de los principios fundamentales de la soldadura (Phillips, 2016):

1. Fusión del Material Base: El principio fundamental de la soldadura implica la fusión del material base, que generalmente consiste en metal. Este material base puede estar en forma de piezas separadas, placas o componentes, y se convierte en una sustancia líquida en el área donde se realizará la unión. La fusión es esencial para permitir que las moléculas de los materiales se mezclen y se solidifiquen en una unión sólida cuando se enfrían.

2. Material de Aporte: En muchos procesos de soldadura, se utiliza un material de aporte adicional para facilitar la unión. Este material de aporte, que puede ser un alambre, un electrodo o una varilla, también se funde y se deposita en la zona de unión. Puede ser del mismo tipo de metal que el material base (soldadura autógena) o de un tipo compatible para crear una unión sólida y homogénea.

3. Fuente de Calor: Para fundir el material base y, en algunos casos, el material de aporte, se requiere una fuente de calor. La elección de la fuente de calor depende del proceso de soldadura específico utilizado. Algunas de las fuentes de calor más comunes incluyen:

- Arco Eléctrico: en este tipo de soldadura se crea un arco eléctrico entre el electrodo y el material base, generando un calor intenso que derrite los materiales.
- Flama: En la soldadura por oxiacetileno, una llama de oxiacetileno se utiliza como fuente de energía para derretir los materiales metálicos.

- Corriente Eléctrica: En la soldadura por resistencia, se emplea electricidad para pasar a través de las partes a conectar, produciendo calor debido a la resistencia eléctrica.
- Láseres y Ultrasonidos: En la soldadura láser y por ultrasonidos, se utilizan haces de luz láser o vibraciones ultrasónicas para fundir los materiales.

4. Protección de la Soldadura: Para asegurar los altos niveles de calidad de la soldadura y evitar la contaminación de los materiales fundidos, es esencial proteger la zona de soldadura de la atmósfera circundante. Esto se logra mediante la aplicación de un gas protector. Los gases inertes, como el argón o el helio, se utilizan comúnmente en la soldadura con arco eléctrico (TIG y MIG) para crear un ambiente libre de oxígeno que previene la oxidación de los materiales fundidos. En otros procesos, como la soldadura por oxiacetileno, el flujo de gas protector también es esencial para evitar la contaminación.

2.2.3 Tipos de soldadura

Existen diferentes tipos de soldadura, de los cuales los más comunes son (Shravan et al., 2023):

- Soldadura por arco eléctrico: Es uno de los métodos más utilizados y se realiza mediante la generación de calor entre un electrodo metálico y las piezas a unir. Puede realizarse con diferentes fuentes de energía, como corriente continua o corriente alterna. Algunos subtipos incluyen:
 - Soldadura con electrodo revestido (SMAW): Se utiliza un electrodo revestido que proporciona el metal de aporte y un revestimiento que protege la soldadura del aire y la escoria.
 - Soldadura TIG (GTAW): Se emplea un electrodo de tungsteno que no se consume junto con un gas inerte para resguardar la unión. En caso necesario, puede utilizarse material de relleno.
 - Soldadura MIG/MAG (GMAW): Se emplea un alambre en constante movimiento como el elemento conductor, el cual se suministra de forma automática mediante una pistola de soldadura y se utiliza gas inerte (MIG) o gas activo (MAG) como protección.
- Soldadura por resistencia: Se utiliza el paso de corriente eléctrica a través de las piezas a unir para generar calor por resistencia eléctrica. Es común en la soldadura de láminas metálicas y se utiliza en la industria automotriz y de electrodomésticos.

- Soldadura por gas: Se realiza mediante la combustión de un gas combustible, como acetileno, en combinación con oxígeno para generar una llama caliente que funde las piezas a unir. Es común en trabajos de fontanería y reparación de tuberías.
- Soldadura por puntos: Se utiliza en la unión de láminas metálicas delgadas, donde se aplican corrientes eléctricas a través de electrodos para generar calor y fusionar las piezas en puntos específicos.
- Soldadura por láser: Se emplea un haz de energía láser de alta potencia para derretir y conectar las partes. Este método es altamente preciso y se aplica en situaciones de alta tecnología.

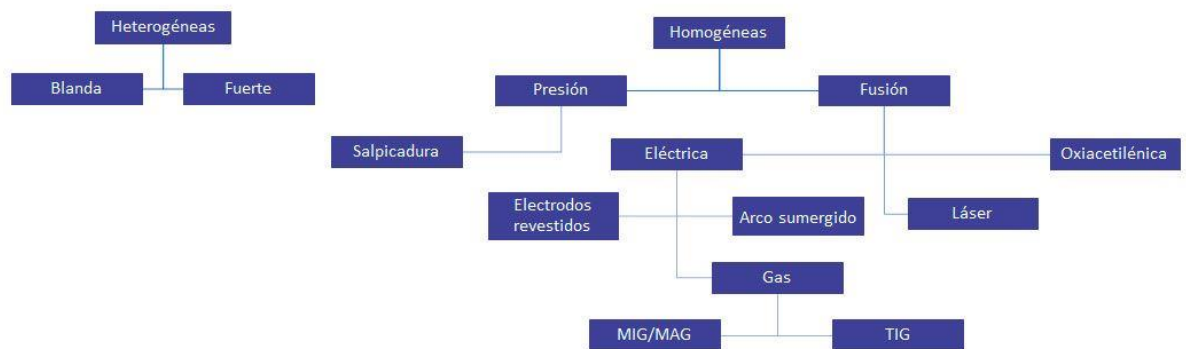


Figura 1.Tipos de soldadura

2.2.4 Problemas relacionados con la capacitación en soldadura

La capacitación en soldadura es un campo fundamental para la industria y la construcción, ya que la calidad de las uniones soldadas desempeña un papel crítico en la integridad de las estructuras y productos metálicos. Sin embargo, este proceso de formación no está exento de desafíos y problemas que deben abordarse para garantizar la preparación efectiva de los soldadores y la seguridad en el trabajo. Estos problemas pueden abarcar desde cuestiones económicas, como los altos costos asociados con la capacitación, hasta dificultades técnicas, incluyendo la contaminación ambiental y la complejidad de las técnicas de soldadura. Además, aspectos sociales, como el estigma asociado a la profesión y la falta de motivación entre los estudiantes, también pueden influir en la capacitación en soldadura. En este contexto, es esencial analizar y comprender estos problemas para mejorar los programas de capacitación y garantizar que los soldadores estén debidamente preparados para su labor en un entorno laboral

exigente y dinámico. A continuación, se describen los problemas relacionados con la capacitación en soldadura:

Tabla 1.

Problemas relacionados con la capacitación en soldadura

Problema y Cuestiones	Descripción
Factores Económicos	
1. Costos elevados de formación	La formación en soldadura es costosa
2. Consumo elevado de materiales y energía	Requiere una gran cantidad de materiales y energía
3. Mantenimiento frecuente del equipo	Los equipos de formación requieren mantenimiento constante
Problemas Técnicos	
1. Contaminación por gases y sustancias nocivas	Los procesos de soldadura pueden liberar gases y contaminantes peligrosos
2. Riesgo de accidentes	La soldadura puede ser propensa a
3. Impacto ambiental	La soldadura convencional puede ser perjudicial para el medio ambiente
4. Espacio y talleres especializados	Requiere espacios o talleres especializados para la práctica.
Factores Sociales	
1. Prejuicio social hacia la profesión de soldador	La profesión de soldador a menudo enfrenta prejuicios debido a su entorno laboral riesgoso
2. Baja motivación entre estudiantes	Los estudiantes pueden tener una baja motivación para ingresar a la soldadura
Problemas de Formación	
1. Dificultad para aprender y dominar	La soldadura puede ser difícil de aprender y dominar
2. Complejidad en los procesos educativos y evaluación	La implementación de procesos educativos y evaluación puede ser compleja. Esto incluye la autoevaluación por parte de los alumnos.
3. Requerimiento de mentorías	La formación en soldadura a menudo requiere la orientación de mentores. Sin embargo, la escasez de soldadores calificados ha provocado una falta de instructores capacitados.
4. Duración prolongada de la formación	La formación en soldadura puede llevar mucho tiempo

Fuente: (Siang et al., 2022)

Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura se recomiendan para su implementación en industrias relacionadas con la tecnología de soldadura, ya que garantizan la fiabilidad y la seguridad en la producción de productos terminados de alta calidad. Estos documentos son esenciales en la dirección y regulación de las prácticas de soldadura y son aplicables en las siguientes situaciones (Niebles & Arnedo, 2009):

- Para fabricar productos soldados que satisfagan los requisitos de calidad y seguridad necesarios para asegurar la protección de los empleados.
- Para proporcionar una protección efectiva y razonable para la preservación de la vida, la propiedad y el entorno, asegurando que los productos soldados sean seguros y no representen riesgos innecesarios en términos de seguridad y ambientales.

2.2.5. Normas AWS D1.1 y D1

Las normas AWS D1.1 y D1 son estándares establecidos por la American Welding Society (AWS) para la calificación y procedimientos de soldadura en la industria. Estas normas son ampliamente reconocidas y utilizadas en el campo de la soldadura, y establecen los requisitos técnicos y las pautas para la calidad de la soldadura en diferentes aplicaciones y materiales.

La norma AWS D1.1, titulada "Structural Welding Code - Steel", se centra en los requisitos para la soldadura de estructuras de acero. Proporciona directrices detalladas para la preparación de bordes, procedimientos de soldadura, inspección y pruebas de calidad. Esta norma abarca una amplia gama de aplicaciones estructurales, incluyendo puentes, edificios, estructuras marinas y otras estructuras de acero. Por otro lado, la norma AWS D1, titulada "Structural Welding Code", es una norma general que cubre varios materiales y procesos de soldadura utilizados en la construcción de estructuras. Esta norma incluye diferentes secciones que se enfocan en materiales específicos, como acero inoxidable (AWS D1.6), aluminio (AWS D1.2) y acero inoxidable dúplex (AWS D1.6).

Table 8.7
Testing Angle (see 8.25)

		Procedure Chart																	
		Material Thickness, in [mm]																	
Application	5/16 [8] to 1-1/2 [38]	> 1-1/2 [38] to 1-3/4 [45]	> 1-3/4 [45] to 2-1/2 [65]	> 2-1/2 [65] to 3-1/2 [90]	> 3-1/2 [90] to 4-1/2 [110]	> 4-1/2 [110] to 5 [130]	> 5 [130] to 6-1/2 [160]	> 6-1/2 [160] to 7 [180]	> 7 [180] to 8 [200]										
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Butt Joint	1	O	1	F	IG or 4	F	IG or 5	F	6 or 7	F	8 or 10	F	9 or 11	F	12 or 13	F	12	F	
T-Joint	1	O	1	F or XF	4	F or XF	5	F or XF	7	F or XF	10	F or XF	11	F or XF	13	F or XF	—	—	
Corner Joint	1	O	1	F or XF	IG or 4	F or XF	IG or 5	F or XF	6 or 7	F or XF	8 or 10	F or XF	9 or 11	F or XF	13 or 14	F or XF	—	—	
ESW/EGW Welds	1	O	1	O	IG or 4	1** or 5	IG or 5	P1 or P3	6 or 7	P3 or 7	11 or 15	11 or 15	11 or 15	P3 or 15	11 or 15	P3 or 15	11 or 15**	P3	

Figura 2. Inspección de Soldadura AWS D1.

Fuente: Norma AWS D1, 2020

Estas normas proporcionan directrices para la calificación de soldadores y procedimientos de soldadura, asegurando que se cumplan los estándares de calidad requeridos en la industria. También abordan aspectos importantes como la preparación de bordes, la selección de materiales de aporte, los métodos de inspección y pruebas no destructivas. Además de establecer los requisitos técnicos, las normas AWS D1.1 y D1 también establecen los criterios para la certificación de soldadores. Estos estándares abarcan la exhibición de destrezas prácticas en la soldadura, comprensión teórica de los procedimientos y la aptitud para adherirse a las pautas y requisitos estipulados por las regulaciones.

2.2.6. Normativas NEC

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Se trata de una regulación a nivel nacional que fija los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben ser observados por las construcciones a lo largo de todas las fases del proceso constructivo. Representa una actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción,

y esta nueva normativa amplía el contenido y abarca aspectos como cargas no sísmicas, clasificación de suelos, análisis geotécnicos y distintos tipos de estructuras (hormigón, acero, mampostería, madera). Asimismo, establece criterios mínimos para la habitabilidad y el funcionamiento adecuado de las edificaciones (Habitat y vivienda, 2017).

La NEC se estructura en tres ejes principales: Seguridad Estructural (NEC-SE), Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC-SB). Los diferentes capítulos de la norma se desarrollan bajo esta clasificación. El alcance de la NEC se aplica principalmente a la seguridad estructural y aspectos de habitabilidad y salud en las edificaciones. No regula directamente la construcción de carreteras, vías o puentes, aunque puede tener algunas disposiciones relacionadas con el comportamiento estructural de los edificios en áreas urbanas (Habitat y vivienda, 2017).

La norma abarca diferentes tipos de edificaciones y las clasifica según su importancia y uso, como edificaciones esenciales (hospitales, centros de salud, etc.), edificaciones de ocupación especial (museos, iglesias, etc.) y otras edificaciones que no entran en las categorías anteriores, como viviendas. Para cada tipo de edificación, se aplican principios de diseño sismo resistente. En resumen, la NEC es una normativa que establece los estándares de seguridad y calidad para las edificaciones en Ecuador, considerando factores como sismicidad, cargas no sísmicas y habitabilidad, pero no regula directamente la construcción de carreteras o puentes (Habitat y vivienda, 2017).

2.2.7. Profesionales de soldadura

La AWS ha desarrollado varios programas de certificación desde 1976 para los profesionales de la soldadura con el objetivo de proporcionar conocimientos y credenciales que contribuyan al desarrollo industrial, existen diferentes categorías de certificación, entre las cuales se encuentran: Inspector Asociado de Soldadura Certificado (CAWI), Inspector de Soldadura Certificado (CWI), Inspector Senior de Soldadura Certificado (SCWI), Soldador Certificado (CW), Educador de Soldadura Certificado (CWE), Supervisor de Soldadura Certificado (CWS), Interprete Radiográfico Certificado (CRI), Técnico de Soldadura Robótica por Arco Certificado (CRAW), Ingeniero de Soldadura Certificado (CW Eng), Fabricante de Soldadura Certificado (CWF) y Centro de Evaluación Acreditado (ATF) (Borja, 2021).

La certificación de Inspector de Soldadura Certificado (CWI) Es más que una profesión satisfactoria, ya que implica una gran carga de responsabilidad y la manifestación de destrezas. Según el Centro Técnico de Indura (CETI, 2020), la certificación CWI es ampliamente reconocida a nivel nacional e internacional, lo cual ha llevado a que las empresas exitosas

confíen en esta certificación para garantizar altos niveles de calidad en el trabajo de soldadura. Las funciones y deberes del profesional CWI son extensos e incluyen la inspección y aseguramiento de que las labores y los documentos estén en conformidad con las exigencias de las normativas, así como la certificación de soldadores según los códigos y especificaciones aplicables (AWS QC1, 2007). Además, el CWI tiene la responsabilidad de supervisar y capacitar a los Inspectores Asociados de Soldadura Certificados (CAWI), realizar inspecciones de procedimientos y procesos, llevar a cabo auditorías a proveedores y organizaciones que brindan materiales o servicios, y examinar que las tareas ejecutadas y la documentación se ajusten a las disposiciones de las regulaciones y los documentos contractuales (AWS B5.1, 2013).

2.2.8. Norma para la certificación de inspectores de soldaduras de la AWS

La norma de la AWS que trata sobre la certificación del personal de inspección de soldaduras es un documento esencial que establece los requisitos y procedimientos necesarios para asegurar que los inspectores de soldaduras estén debidamente calificados y capacitados en sus roles. A continuación, se describe detalladamente esta norma y sus principales componentes (AWS, 2007):

- **Certificación de Inspección de Soldaduras:** El propósito fundamental de esta normativa es definir los criterios para la acreditación del personal de inspección de soldadura conforme a los lineamientos de la AWS, incluyendo tres niveles de certificación particulares del Inspector de Soldaduras Certificado Senior (SCWI), el Inspector de Soldaduras Certificado (CWI) y el Inspector de Soldaduras Asociado Certificado (CAWI).
- **Principios de Conducta y Práctica:** La norma describe los principios de conducta y práctica que deben mantenerse para conservar la certificación. Esto incluye pautas éticas y profesionales que los inspectores deben seguir en el desempeño de sus funciones. La integridad y la ética son fundamentales en la industria de la soldadura, y esta norma promueve la adhesión a estándares elevados.
- **Requisitos para la Emisión de Declaraciones de Certificación:** La norma establece claramente que solo los inspectores SCWI, CWI y CAWI que tengan una certificación vigente y cumplan con todos los requisitos de esta norma tienen la autorización para emitir declaraciones de certificación. Esto garantiza que las declaraciones de certificación sean confiables y basadas en estándares reconocidos.

- **Responsabilidad del Empleador:** La norma resalta que es responsabilidad del empleador asegurarse de que el inspector SCWI/CWI/CAWI sea capaz de llevar a cabo sus tareas específicas de inspección de soldaduras de manera competente. Esto significa que los empleadores deben garantizar que el personal certificado esté capacitado y calificado para llevar a cabo las inspecciones de manera efectiva.
- **Complemento a los Requisitos del Empleador y Códigos:** La norma se presenta como un complemento a los requisitos del empleador, códigos industriales u otros documentos. No reemplaza las responsabilidades del empleador en cuanto al trabajo y el desempeño laboral, sino que establece estándares específicos para la certificación de inspectores de soldaduras.
- **No Aborda la Seguridad y Salud:** Importante mencionar que esta norma no aborda cuestiones de seguridad y salud relacionadas con los inspectores de soldaduras certificados. Las regulaciones de seguridad y salud se tratan en otros documentos y regulaciones, como ANSI Z49.1 y las normativas gubernamentales correspondientes.

En la Tabla 2 se presenta la caracterización correspondiente a las diferentes certificaciones con respecto a la inspección de soldadura

Tabla 2.

Certificación de Inspectores de Soldadura

Característica	Inspector de Soldaduras Certificado (SCWI)	Inspector Senior Soldaduras Certificado (CWI)	de Inspector de Soldaduras Asociado Certificado (CAWI)
Nivel de Certificación	Más alto	Intermedio	Básico
Experiencia y Conocimientos	Amplia experiencia y conocimientos en todos los aspectos de la soldadura	Sólidos conocimientos en inspección de soldaduras	Conocimientos básicos en inspección de soldaduras
Responsabilidades	Liderar equipos de inspección, supervisar proyectos complejos, capacitación y	Realizar inspecciones visuales y pruebas destructivas básicas, trabajo bajo supervisión	Realizar inspecciones visuales simples, bajo supervisión

	certificación de otros inspectores			
Alcance de Trabajo	Supervisión de Inspecciones de Inspecciones proyectos y equipos, soldaduras, informes básicas, recolección toma de decisiones de inspección de datos críticas			
Ubicación	Ubicado en la cima de la jerarquía de inspección de soldaduras	Intermedio en la jerarquía de inspección de soldaduras		Nivel de entrada en la jerarquía de inspección de soldaduras
Proyectos Típicos	Proyectos complejos y de alta responsabilidad	Proyectos de inspección rutinaria		Proyectos de inspección básica
Supervisión	Puede liderar equipos y proyectos	Trabajo bajo supervisión de SCWI u otros profesionales más experimentados		Trabajo bajo supervisión directa de inspectores más experimentados
Capacitación y Formación	Capacitación y certificación de otros inspectores	Capacitación en inspección de soldaduras		Capacitación básica en inspección de soldaduras

Fuente: (Intech Perú Welding , 2022)

Para la búsqueda capacitadores, se llevaron a cabo consultas en páginas web como LinkedIn, con el fin de identificar perfiles que cumplan con la certificación de la American Welding Society (AWS), durante este proceso de búsqueda en línea, se encontraron varios profesionales calificados y experimentados en el campo de la soldadura que podrían ser contratados para llevar a cabo actividades de capacitación en el Centro de Certificación, dado que cuentan con las certificaciones requeridas. Su contratación facilitaría el proceso de establecimiento y operación del Centro de Capacitación, garantizando la calidad y la efectividad de los programas de capacitación ofrecidos.

Por otro lado, la American Welding Society (AWS) en su página web oficial, <https://www.aws.org/>, señala que para la apertura de un centro educativo, se requiere cumplir con un conjunto de requisitos que incluyen instalaciones adecuadas con equipos de enseñanza y seguridad, personal docente calificado, programas de estudios aprobados, y cumplimiento de

normativas ambientales y de seguridad, además, se requieren procesos de evaluación y seguimiento.

2.3 Marco conceptual

- Soldadura: Proceso de conexión duradera de materiales mediante la fusión y vinculación de dos o más componentes, utilizando calor y/o presión, con o sin el uso de un metal de aporte. Su objetivo es crear una unión sólida y duradera entre las piezas.
- Normas AWS D1.1 y D1: Estándares establecidos por la AWS que regulan la calificación y los procedimientos de soldadura en la industria. La norma AWS D1.1 se enfoca en la soldadura de estructuras de acero, mientras que la norma AWS D1 abarca varios materiales y procesos de soldadura utilizados en la construcción de estructuras.
- Certificación CWI: Certificación otorgada por la AWS a los Inspectores de Soldadura Certificados (CWI). Los profesionales CWI tienen la responsabilidad de inspeccionar y certificar el trabajo de soldadura, asegurando que cumpla con los requisitos de las normas aplicables.
- Inspección de Soldadura: Actividad realizada por profesionales CWI para verificar que el trabajo de soldadura cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las normas. Esto implica la supervisión de procedimientos y procesos, la certificación de soldadores y la verificación de registros y documentos.
- Centro de Capacitación: Espacio dedicado a la formación y entrenamiento de soldadores, donde se imparten cursos y programas de capacitación para mejorar sus habilidades y conocimientos en el campo de la soldadura.
- Calificación de Soldadores: Proceso mediante el cual se evalúa y certifica las habilidades y conocimientos de los soldadores, asegurando que cumplan con los requisitos de las normas establecidas. La calificación incluye pruebas de habilidades prácticas y conocimientos teóricos.

CAPÍTULO III: ELABORACIÓN DEL PLAN DE CAPACITACIÓN

3.1 Identificación de contenidos y competencias necesarias para la calificación de soldadores

La certificación de soldadores e inspectores de soldadura, según los estándares de AWS, es esencial para garantizar la calidad y seguridad en la industria de la soldadura. A continuación, se identifican los contenidos y competencias necesarios para la calificación de soldadores y para la certificación de Inspector de Soldadura Certificado (CWI):

Certificación de Soldadores (CW):

- **Conocimiento de Materiales:** Los soldadores deben comprender las propiedades de los metales y aleaciones utilizados en la soldadura, incluyendo la resistencia, la ductilidad y la fragilidad de los materiales.
- **Procesos de Soldadura:** Deben estar familiarizados con diversos procesos de soldadura, como la soldadura por arco eléctrico, la soldadura por gas, la soldadura por resistencia, etc.
- **Interpretación de Planos y Especificaciones:** Deben poder leer y comprender planos de soldadura, especificaciones técnicas y códigos de soldadura aplicables.
- **Técnicas de Soldadura:** Deben ser capaces de realizar soldaduras de alta calidad utilizando diferentes técnicas y equipos de soldadura.
- **Seguridad en la Soldadura:** Deben conocer las prácticas seguras de soldadura y estar familiarizados con el equipo de protección personal (EPP) necesario.
- **Control de Calidad:** Deben entender los procedimientos de control de calidad y saber cómo realizar pruebas no destructivas.
- **Certificación y Documentación:** Deben comprender el proceso de certificación de soldadores y cómo mantener registros precisos de su trabajo.

Inspector de Soldadura Certificado (CWI):

- **Normas y Códigos de Soldadura:** Un CWI debe tener un profundo conocimiento de las normas y códigos de soldadura aplicables, como los publicados por la AWS y otras organizaciones relevantes.
- **Técnicas de Inspección:** Deben ser expertos en técnicas de inspección visual, radiográfica, ultrasonidos, líquidos penetrantes, etc., para evaluar la calidad de las soldaduras.

- Interpretación de Resultados: Deben ser capaces de interpretar los resultados de las pruebas no destructivas y determinar si las soldaduras cumplen con los estándares establecidos.
- Auditoría y Certificación: Deben estar preparados para realizar auditorías a proveedores y organizaciones para garantizar que cumplan con las normas y especificaciones aplicables.
- Liderazgo y Supervisión: Deben ser líderes en la supervisión de trabajos de soldadura y capacitación de otros inspectores y soldadores.
- Comunicación: Deben tener habilidades de comunicación efectivas para informar a las partes interesadas sobre los resultados de las inspecciones y las acciones correctivas necesarias.
- Ética Profesional: Deben cumplir con altos estándares éticos y mantener la integridad en su trabajo como inspectores de soldadura.

La calificación de soldadores implica una combinación de conocimientos teóricos y habilidades prácticas que les permitan realizar soldaduras de alta calidad y cumplir con los estándares de seguridad. A continuación, se detallan los contenidos y competencias necesarias para la calificación de soldadores:

Contenidos de Capacitación:

Fundamentos de la Soldadura:

- Introducción a los procesos de soldadura (arco eléctrico, TIG, MIG/MAG, arco sumergido, etc.).
- Propiedades de los metales utilizados en soldadura.
- Metalurgia de la soldadura.
- Equipos y herramientas de soldadura.

Seguridad en la Soldadura:

- Normas de seguridad y prácticas seguras en la soldadura.
- Uso de EPP.
- Prevención de riesgos asociados con la soldadura, como humos, chispas y radiación.

Interpretación de Planos y Especificaciones:

- Lectura e interpretación de planos de soldadura.
- Comprendiendo las especificaciones de soldadura.
- Identificación de símbolos de soldadura.

Procedimientos de Soldadura:

- Desarrollo y seguimiento de procedimientos de soldadura.
- Selección de materiales y consumibles.
- Ajuste de parámetros de soldadura (amperaje, voltaje, velocidad de alimentación, etc.).

Técnicas de Soldadura:

- Técnicas de arco eléctrico y control del cordón de soldadura.
- Técnicas de soldadura por puntos y soldeo por resistencia.
- Técnicas de soldadura TIG, MIG/MAG, y otros procesos específicos.

Inspección Visual de Soldaduras:

- Evaluación visual de la calidad de las soldaduras.
- Identificación de defectos comunes, como porosidad, fisuras y inclusiones.

Calidad y Control de la Soldadura:

- Control de la temperatura durante la soldadura.
- Evaluación de la integridad estructural de las soldaduras.
- Cumplimiento de estándares y códigos de soldadura, como AWS D1.1.

Competencias de Soldadores:

Habilidad Manual:

- Dominio de la técnica de soldadura seleccionada.
- Capacidad para mantener un arco estable y controlar el cordón de soldadura.

Seguridad en la Soldadura:

- Aplicación de prácticas seguras en el área de trabajo.
- Uso adecuado de EPP y equipo de seguridad.

Interpretación de Planos:

- Capacidad para leer y entender planos de soldadura.
- Identificación de detalles críticos en los planos.

Ajuste de Parámetros:

- Conocimiento y capacidad para ajustar los parámetros de soldadura según las especificaciones.

Inspección Visual:

- Habilidad para realizar inspecciones visuales y detectar defectos.

Cumplimiento de Normativas:

- Conocimiento y adherencia a los estándares y códigos de soldadura aplicables.

Comunicación y Documentación:

- Capacidad para documentar adecuadamente las actividades de soldadura.
- Comunicación efectiva con supervisores y equipos de trabajo.

Resolución de Problemas:

- Habilidad para identificar y resolver problemas en el proceso de soldadura.

3.2 Diseño de los módulos de capacitación

El diseño de los módulos de capacitación para la calificación de soldadores debe seguir una estructura lógica y secuencial que permita a los participantes adquirir gradualmente los conocimientos y habilidades necesarios. Aquí te proporciono un esquema general para el diseño de estos módulos:

Módulo 1: Fundamentos de la Soldadura

Objetivo: Introducir a los participantes en los conceptos básicos de la soldadura.

En este módulo, los participantes obtienen una comprensión básica de lo que implica la soldadura, incluyendo su historia, importancia en la industria y cómo afecta a las propiedades de los metales. También se introducen en los conceptos fundamentales de la metalurgia relacionados con la soldadura.

- Tema 1.1: Introducción a la soldadura. Contenido: Definición de soldadura, historia de la soldadura, importancia en la industria.
- Tema 1.2: Propiedades de los metales en soldadura. Contenido: Comportamiento de los metales durante la soldadura, cambios en las propiedades.
- Tema 1.3: Metalurgia de la soldadura. Contenido: Efectos de la soldadura en la estructura metalúrgica, zonas de influencia.

Módulo 2: Seguridad en la Soldadura

Objetivo: Enseñar las prácticas seguras en el entorno de trabajo de soldadura.

La seguridad es una prioridad en la soldadura. En este módulo, los participantes aprenden sobre las normas de seguridad específicas para el proceso de soldadura, cómo usar el EPP adecuado y cómo prevenir riesgos en el lugar de trabajo.

- Tema 2.1: Normas de seguridad en soldadura. Contenido: Reglas de seguridad, prevención de riesgos, identificación de peligros.
- Tema 2.2: EPP, contenido: Uso de cascos, guantes, protectores oculares, delantal, botas, etc.

- Tema 2.3: Prevención de riesgos. Contenido: Manejo de humos y gases, prevención de incendios, manejo seguro de herramientas.

Módulo 3: Interpretación de Planos y Especificaciones

Objetivo: Capacitar a los participantes en la lectura de planos y especificaciones de soldadura. Este módulo se enfoca en la lectura y comprensión de planos de soldadura, incluyendo la simbología utilizada en los dibujos. Los participantes también aprenden a entender las especificaciones de soldadura y los códigos de calidad.

- Tema 3.1: Lectura e interpretación de planos de soldadura. Contenido: Simbología de soldadura, detalles de planos, dimensiones clave.

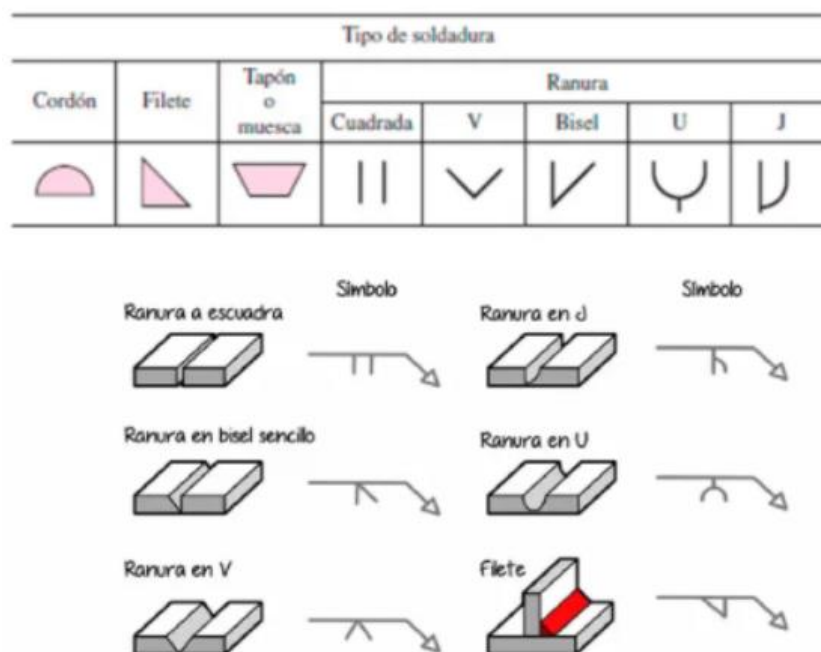


Figura 3. Simbolos de la soldadura

Fuente: (Aeromaquinados, s.f.)

- Tema 3.2: Comprendiendo las especificaciones de soldadura. Contenido: Normativas y códigos de soldadura, requisitos de calidad.

Módulo 4: Procedimientos de Soldadura

Objetivo: Enseñar a los participantes a desarrollar y seguir procedimientos de soldadura.

Los procedimientos de soldadura son esenciales para garantizar la calidad y consistencia en el trabajo de soldadura. En este módulo, los participantes aprenden a desarrollar y seguir

procedimientos de soldadura adecuados, lo que incluye la selección de materiales, consumibles y parámetros de soldadura.

- Tema 4.1: Desarrollo de procedimientos de soldadura. Contenido: Selección de materiales, consumibles, parámetros de soldadura.
- Tema 4.2: Evaluación y seguimiento de procedimientos. Contenido: Pruebas de calificación, documentación.

Módulo 5: Técnicas de Soldadura

Objetivo: Entrenar a los participantes en las técnicas específicas de soldadura.

Este módulo se centra en las técnicas específicas de soldadura, dependiendo del tipo de proceso de soldadura a utilizar. Los participantes aprenden a controlar el arco eléctrico, formar cordones de soldadura de alta calidad y utilizar técnicas adecuadas para diferentes tipos de soldadura, como TIG, MIG/MAG y más.

- Tema 5.1: Técnicas de arco eléctrico. Contenido: Control del arco, formación del cordón de soldadura.



Figura 4. Técnicas de arco eléctrico, cordón oscilante y recto

Fuente: (Tecnologías en Soldadura, 2021)

- Tema 5.2: Técnicas de soldadura por puntos y soldeo por resistencia. Contenido: Principios y aplicaciones.
- Tema 5.3: Técnicas de soldadura TIG, MIG/MAG y otros procesos específicos. Contenido: Configuración de equipos, técnicas de soldadura.

Módulo 6: Inspección Visual de Soldaduras

Objetivo: Capacitar a los participantes en la evaluación visual de la calidad de las soldaduras.

La inspección visual es crucial para identificar defectos en las soldaduras. En este módulo, los participantes adquieren habilidades para evaluar visualmente la calidad de las soldaduras y reconocer defectos comunes, así como establecer criterios de aceptación.

Tema 6.1: Evaluación visual de soldaduras. Contenido: Identificación de defectos comunes, criterios de aceptación.

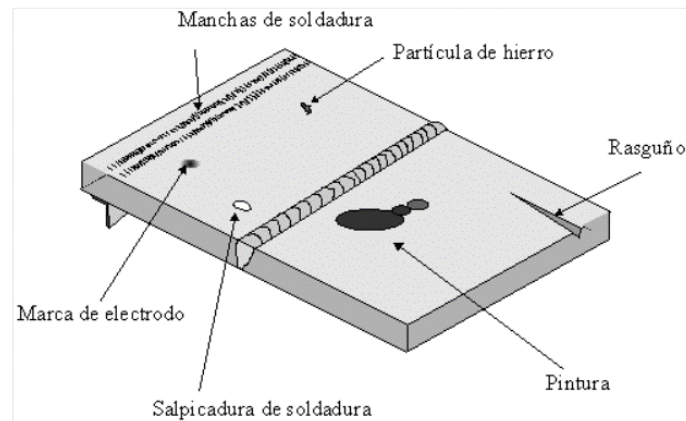


Figura 5. Defectos de soldadura

Fuente: (Metfusion, 2013)

Módulo 7: Calidad y Control de la Soldadura

Objetivo: Enseñar a los participantes sobre la importancia del control de calidad en la soldadura.

Este módulo se enfoca en el control de calidad en la soldadura, incluyendo la importancia de mantener la temperatura adecuada durante el proceso de soldadura. Los participantes aprenden a inspeccionar juntas soldadas, realizar pruebas no destructivas y cumplir con las normativas y estándares de calidad aplicables.

- Tema 7.1: Control de la temperatura durante la soldadura. Contenido: Control de la energía térmica, efectos en la soldadura.
- Tema 7.2: Evaluación de la integridad estructural. Contenido: Inspección de juntas soldadas, pruebas no destructivas.
- Tema 7.3: Cumplimiento de normativas y códigos. Contenido: Aplicación de estándares de calidad, documentación.

3.3 Metodología y estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Para lograr una capacitación efectiva en los módulos mencionados y asegurar que los participantes adquieran las competencias necesarias para la calificación de soldadores, es esencial contar con una metodología y estrategias de enseñanza-aprendizaje bien estructuradas. A continuación, se desarrolla este apartado de manera exhaustiva:

Metodología de enseñanza:

- **Aprendizaje Activo:** Se fomenta la participación activa de los estudiantes a través de ejercicios prácticos y actividades de resolución de problemas. Los participantes tendrán la oportunidad de aplicar directamente los conceptos aprendidos en el aula a situaciones prácticas de soldadura.
- **Clases Teóricas y Prácticas:** Cada módulo combina sesiones teóricas para la adquisición de conocimientos fundamentales con sesiones prácticas donde los participantes trabajarán con equipos de soldadura reales. La teoría y la práctica se integran de manera coherente.
- **Aprendizaje Colaborativo:** Se fomenta el trabajo en equipo y la colaboración entre los participantes. Esto incluye actividades en las que los estudiantes trabajan juntos en proyectos de soldadura, resuelven problemas y comparten conocimientos.
- **Tutorías y Seguimiento Individualizado:** Se ofrecen tutorías y asistencia individualizada para aquellos participantes que necesiten apoyo adicional en áreas específicas. Esto permite adaptar la capacitación a las necesidades individuales.

Estrategias de enseñanza-aprendizaje:

- **Demostraciones en Vivo:** Los instructores realizarán demostraciones en vivo de las técnicas de soldadura y los procedimientos específicos. Esto permite a los participantes observar y aprender de expertos en acción.
- **Simulaciones:** Se utilizan simuladores de soldadura para permitir a los estudiantes practicar virtualmente antes de trabajar en proyectos reales. Esto reduce el riesgo de errores costosos y fomenta la confianza.
- **Evaluaciones Continuas:** Se realizarán evaluaciones periódicas para medir el progreso de los participantes. Estas evaluaciones pueden incluir pruebas escritas, ejercicios prácticos y proyectos de soldadura supervisados.

- Pruebas de Calidad y Control de Soldadura: Los participantes tendrán la oportunidad de llevar a cabo pruebas de calidad y control de soldadura, siguiendo procedimientos estándar. Esto garantiza que estén preparados para cumplir con estándares de calidad en el campo.

Recursos educativos:

- Equipos de Soldadura: Se utilizarán equipos de soldadura reales, asegurando que los participantes estén familiarizados con el equipo que encontrarán en el lugar de trabajo.
- Material Didáctico: Se proporcionarán manuales, guías de estudio, presentaciones y material complementario para respaldar la formación teórica y práctica.
- Laboratorio de Soldadura: Se dispondrá de un laboratorio de soldadura bien equipado donde los participantes llevarán a cabo las actividades prácticas.
- Acceso a Recursos en Línea: Se proporcionará acceso a recursos en línea, como videos instructivos y documentación técnica adicional.

La combinación de esta metodología de enseñanza activa y estas estrategias de aprendizaje efectivas garantiza que los participantes adquieran las habilidades y competencias necesarias para la calificación de soldadores de manera sólida y práctica. La capacitación se centrará en la adquisición de conocimientos teóricos y su aplicación práctica, lo que preparará a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en el campo de la soldadura.

3.4 Evaluación y seguimiento del proceso de capacitación

La evaluación y seguimiento del proceso de capacitación son componentes críticos para garantizar que los participantes adquieran las competencias necesarias en cada módulo y que el programa de calificación de soldadores sea efectivo. A continuación, se presenta cómo se llevará a cabo la evaluación y el seguimiento en función de los temas, módulos y metodología establecidos:

1. Evaluación inicial:

- Antes de comenzar la capacitación, se administrará una evaluación inicial para evaluar el conocimiento previo y las habilidades de soldadura de los participantes.
- Esta evaluación servirá como punto de referencia para medir el progreso a lo largo del programa de capacitación.

2. Evaluación continua:

- Cada módulo se evaluará de manera continua a medida que se avanza en el programa de capacitación.
- Las evaluaciones pueden incluir pruebas escritas sobre la teoría impartida en el módulo, ejercicios prácticos de soldadura, pruebas de calidad y control de soldadura, y resolución de problemas relacionados con el módulo.
- Las evaluaciones se diseñarán para medir la comprensión de los temas y la capacidad de aplicar los conocimientos en situaciones prácticas.

3. Seguimiento de desempeño práctico:

- Se llevará a cabo un seguimiento detallado del desempeño práctico de los participantes en las sesiones prácticas de cada módulo.
- Los instructores supervisarán la técnica de soldadura, la calidad de las uniones soldadas y la seguridad en el manejo de equipos.
- Se proporcionará retroalimentación continua para corregir errores y mejorar las habilidades de soldadura.

4. Evaluaciones finales de módulo:

- Al finalizar cada módulo, se administrará una evaluación final que abarcará los temas y habilidades aprendidos en ese módulo en particular. Estas evaluaciones se utilizarán para determinar si los participantes han alcanzado los objetivos de aprendizaje del módulo y están listos para avanzar al siguiente.

5. Retroalimentación y tutorías:

- Se fomentará la retroalimentación bidireccional entre instructores y participantes. Los participantes pueden expresar sus preguntas, inquietudes y necesidades de apoyo adicional. Se ofrecerán sesiones de tutoría individualizada para aquellos participantes que necesiten ayuda adicional en áreas específicas.

6. Registro de Progreso:

- Se mantendrá un registro detallado del progreso de cada participante a lo largo de los módulos. Esto incluirá resultados de evaluaciones, comentarios de los instructores y cualquier otro indicador relevante.
- Los participantes podrán acceder a sus propios registros de progreso para realizar un seguimiento personal de su desarrollo.

7. Evaluación Global del Programa:

- Al finalizar el programa de calificación de soldadores, se llevará a cabo una evaluación global para medir el éxito general del programa en términos de objetivos de aprendizaje alcanzados, competencias adquiridas y satisfacción de los participantes.

8. Ajustes y mejoras continuas:

- Basándose en la retroalimentación de los participantes y los resultados de las evaluaciones, se realizarán ajustes y mejoras continuas en el programa de capacitación.
- Se identificarán áreas de mejora y se implementarán acciones correctivas según sea necesario.

9. Certificación de calificación de soldadores:

- Los participantes que completen con éxito todos los módulos y demuestren competencia en las evaluaciones recibirán una certificación de calificación de soldadores reconocida.

CAPÍTULO IV: CREACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CAPACITACIÓN

4.1 Diseño de las estaciones de soldadura

Se consideró el diseño de 6 estaciones de soldadura en las cuales, trabajarán tres estudiantes, por lo que se dispondrá de capacidad para 24 estudiantes por sesión de capacitación; el diseño y equipamiento de las estaciones de soldadura son aspectos fundamentales para garantizar un ambiente de aprendizaje efectivo y seguro. A continuación, se describen los elementos clave que deben considerarse en la creación de estas estaciones:

4.1.1 Espacio de trabajo

Cada estación de soldadura debe tener al menos 6 metros cuadrados de espacio para permitir una cómoda disposición de equipos y movimientos del operador suficiente, asegurando de que exista espacio para el equipo de soldadura, bancos de trabajo, materiales y herramientas.

4.1.2 Bancos de trabajo

Son estructuras diseñadas para proporcionar una superficie de trabajo estable y segura en la que los operadores pueden realizar diversas tareas, incluida la soldadura. Están diseñados para soportar el peso de las piezas a trabajar, herramientas y equipos y por lo tanto son superficies robustas y resistentes al calor que proporcionan un entorno seguro y eficiente para llevar a cabo las operaciones de soldadura. Están diseñados específicamente para proteger tanto al operador como al equipo y son esenciales en una estación de soldadura bien equipada.

Características de los bancos de trabajo

Materiales de Construcción

- **Acero Inoxidable:** Los bancos de trabajo de acero inoxidable son una elección popular en entornos de soldadura debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión. El acero inoxidable es altamente resistente al calor y a las chispas, lo que lo convierte en una opción ideal.
- **Revestimiento Resistente al Calor:** En ausencia de bancos de acero inoxidable, se pueden utilizar bancos de trabajo hechos de otros materiales, como madera o metal, pero deben estar revestidos con un material resistente al calor para protegerlos de daños por chispas y altas temperaturas.
- **Otros elementos:**

- **Superficie Resistente:** La parte superior del banco de trabajo debe ser resistente al calor y a las chispas. En el caso de los bancos de acero inoxidable, ya poseen esta característica. Si se utilizan otros materiales, se debe aplicar un revestimiento resistente al calor.
- **Estructura Robusta:** Los bancos de trabajo deben tener una estructura robusta y estable que pueda soportar el peso de las piezas metálicas a soldar.
- **Tamaño Adecuado:** El tamaño del banco de trabajo debe ser suficiente para acomodar las piezas a soldar y permitir un espacio de trabajo cómodo para el soldador.
- **Bordes Elevados:** Algunos bancos de trabajo pueden tener bordes elevados para contener chispas y escoria y evitar que caigan al suelo.
- **Anclajes de Tierra:** Para garantizar la seguridad eléctrica, es recomendable que los bancos de trabajo cuenten con anclajes de tierra para conectar los equipos de soldadura y reducir el riesgo de descargas eléctricas.
- **Espacio de Almacenamiento:** Algunos bancos de trabajo también incluyen cajones o estantes para almacenar herramientas y consumibles cerca del área de trabajo, lo que facilita el acceso a los soldadores.

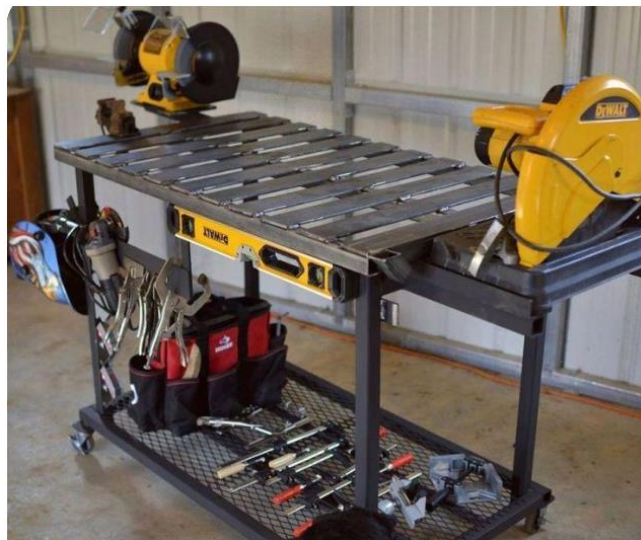


Figura 6. Ejemplo de un banco de soldadura

Fuente: (Grabcab, s.f.)

4.1.3 Área de Almacenamiento

Debe disponerse de un área para almacenar materiales, consumibles, herramientas y

EPP:

- Estanterías o gabinetes: se debe disponer de estanterías o gabinetes de almacenamiento cerca de la estación de trabajo para guardar materiales, consumibles, herramientas y EPP de forma organizada.



Figura 7. Ejemplo de estanterías o gabinetes

Fuente: (Metalinspec, 2022)

- Separación de materiales: se debe separar los materiales inflamables de los materiales combustibles y utilizar contenedores adecuados para productos químicos peligrosos.
- Armarios ignífugos: Para almacenar productos químicos o materiales inflamables, se debe utilizar armarios ignífugos que cumplan con las regulaciones locales de seguridad.



Figura 8. Ejemplo de armarios ignífugos

Fuente: (Store Interstate Products, s,f.)

- Pisos resistentes: se debe disponer de pisos resistentes al calor y a las chispas, como losas de concreto o material ignífugo, para prevenir daños en el suelo y evitar riesgos de incendio.



Figura 9. Ejemplo de pisos para las estaciones de trabajo

Fuente: (Gronski, 2022)

4.1.4 Ventilación

Es esencial contar con un sistema de ventilación adecuado para eliminar los humos y gases generados durante el proceso de soldadura. Esto es crucial para mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.

- Sistema de Extracción de Humos: se debe instalar un sistema de extracción de humos y gases, que incluyan campanas de extracción sobre las áreas de trabajo y conductos que los dirijan hacia afuera del edificio, se recomienda que el sistema de extracción sea localizado que incluya campanas de extracción ajustables y móviles, conductos de extracción dimensionados adecuadamente y sistemas de filtración. Además, es importante que el sistema cumpla con las normativas locales de seguridad y salud en el trabajo, como se mencionó anteriormente.
- En términos de equipos específicos, puedes considerar la instalación de campanas de extracción de fabricantes reconocidos en el mercado, como Lincoln Electric, Miller Electric, ESAB, los cuales suelen ofrecer campanas de extracción diseñadas específicamente para la soldadura, con sistemas de filtración opcionales para mejorar la calidad del aire.
- Normativas de Seguridad: Cumple con las normativas de seguridad y regulaciones locales relacionadas con la ventilación en estaciones de soldadura.



Figura 10. Ejemplo de sistema de extracción de humos

Fuente: (Alibaba, s.f.)

Una vez instalado el sistema de ventilación, se debe verificar que se mantenga los niveles de exposición ocupacional dentro de los límites permitidos para los contaminantes presentes en el proceso de soldadura. En Ecuador, los límites de exposición ocupacional y otras regulaciones relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo están establecidos en la Ley Orgánica de Seguridad y Salud en el Trabajo (LOSEST) y su Reglamento General de Seguridad y Salud en el Trabajo (RG-SST). Los valores límites de exposición ocupacional (VLEO) para sustancias químicas y contaminantes en el ambiente de trabajo pueden encontrarse en el Anexo 1 del RG-SST, bajo la categoría de "Valores Límites de Exposición Ocupacional".

Además, los sistemas de ventilación deben ser mantenidos y probados regularmente para asegurar su correcto funcionamiento, que incluyen pruebas de flujo de aire en las campanas de extracción y en los conductos de ventilación. Estas pruebas verifican que el sistema esté capturando de manera efectiva los humos y gases peligrosos generados durante los procesos de soldadura. Se recomienda realizar estas pruebas al menos una vez al año, o cuando se realicen cambios significativos en el sistema.

Además, es importante llevar a cabo inspecciones visuales regulares de todo el sistema de ventilación, las cuales permiten identificar posibles obstrucciones, daños o desgastes que puedan afectar su funcionamiento. Se sugiere realizar inspecciones visuales trimestralmente para una detección temprana de problemas. Por otro lado, las pruebas de funcionamiento de los ventiladores son otra tarea esencial en el mantenimiento, y debe asegurarse de que los ventiladores operen a la velocidad y capacidad adecuadas contribuye a mantener un flujo de aire efectivo. Estas pruebas se pueden realizar trimestralmente o según las indicaciones del fabricante, y la calibración y prueba regular de detectores y alarmas es esencial para asegurar

la detección temprana de problemas. Si el sistema cuenta con detectores de humo o gases, es importante verificar su funcionamiento anualmente. Finalmente, también se debe proporcionar capacitación a los trabajadores sobre la importancia de utilizar adecuadamente el sistema de ventilación y seguir las prácticas seguras de soldadura.

4.1.5 Iluminación

La iluminación en las estaciones de soldadura debe ser brillante y uniforme para permitir una buena visibilidad de las áreas de trabajo y minimizar la fatiga visual. Las lámparas de iluminación LED son una opción eficiente y recomendada.

- Iluminación LED: se debe instalar lámparas LED de alta calidad con una temperatura de color de al menos 5000 Kelvin para una iluminación brillante y uniforme.
- Luminarias Ajustables: se debe proporcionar luminarias ajustables que permitan dirigir la luz hacia las áreas de trabajo específicas según sea necesario.
- Iluminación de Emergencia: se debe incorporar sistemas de iluminación de emergencia en caso de cortes de energía.

4.1.6 Seguridad

Es necesario implementar medidas de seguridad como las que se describen a continuación:

Extintores de Incendios:

- En Ecuador, la normativa que regula los extintores y las medidas de seguridad en los lugares de trabajo, incluyendo talleres de soldadura, está establecida por la Ley Orgánica de Seguridad y Salud en el Trabajo (LOSEST), el Reglamento General de Seguridad y Salud en el Trabajo (RG-SST), y las normas técnicas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y el Ministerio de Trabajo. En el caso de un centro de capacitación para la calificación de soldadores con un área de trabajo de 518 metros cuadrados, las normativas y recomendaciones para la instalación de extintores son las siguientes:
- Tipo de extintor: Se recomienda que los extintores utilizados en un taller de soldadura sean del tipo "extintor de polvo químico seco (PQS)" o "extintor de dióxido de carbono (CO2)" debido a la naturaleza de los riesgos de incendio que pueden presentarse en este entorno. Estos extintores son eficaces para apagar incendios de clases A, B y C, que incluyen fuegos de sólidos combustibles, líquidos inflamables y equipos eléctricos.

- Cantidad de extintores: La cantidad de extintores requeridos dependerá de varios factores, incluyendo la ubicación de las estaciones de soldadura, la distancia entre ellas, y la capacidad de extinción de cada extintor. Por lo general, se debe cumplir con la norma NFPA 10 (Norma para Extintores Portátiles), que establece pautas para la colocación de extintores en función de la distancia de recorrido. Según estas pautas, debe haber un extintor de al menos 10 lb (4.5 kg) de capacidad por cada 3,000 pies cuadrados (279 metros cuadrados) de área de trabajo. Dado que tu taller tiene 518 metros cuadrados, podrías necesitar al menos 2 extintores de 10 lb o uno más grande.
- Ubicación de los extintores: Los extintores deben estar ubicados en lugares fácilmente accesibles y visibles. Deben estar montados en soportes o soportados en la pared a una altura que permita un acceso rápido. Además, deben estar claramente señalizados con carteles que indiquen el tipo de fuegos que pueden apagar.
- Capacitación para su uso: Es esencial proporcionar capacitación a todos los empleados del taller sobre cómo utilizar los extintores de manera efectiva y segura en caso de un incendio. Esta capacitación debe ser parte integral del programa de seguridad del taller.



Figura 11. Ejemplo de extintor de incendios

Fuente: (Fire Supply Depot, s.f.)

Sistema de detección y alarma de incendios

- Se recomienda la instalación de un sistema de detección de humo con detectores fotoeléctricos (también conocidos como detectores de humo ópticos) interconectados. Los detectores fotoeléctricos son efectivos para detectar humo proveniente de incendios en sus etapas iniciales, como incendios eléctricos o incendios que generan una gran cantidad de humo denso, pero no necesariamente llamas visibles. Además, la interconexión significa que, si un detector detecta humo, todos los detectores en la red son activados, lo que proporciona una notificación temprana y una respuesta rápida.

- El artículo 162 del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios, establece que todos los establecimientos deben contar con un sistema de detección y alarma de incendios. Este sistema debe ser capaz de transmitir una alarma audible tanto de manera local como general, así como proporcionar instrucciones formales. Se requiere este sistema en edificaciones con una superficie útil de 500 metros cuadrados o más, o en edificaciones con una altura de evacuación superior a 12 metros.
- Los detectores de humo utilizados deben cumplir con ciertas características esenciales para garantizar la seguridad. Estos dispositivos deben estar interconectados, lo que significa que, si uno detecta humo, todos los demás activarán una alarma, asegurando una respuesta inmediata ante un posible incendio. Además, deben contar con una fuente de alimentación confiable, generalmente conectados a la red eléctrica principal y respaldados por baterías en caso de cortes de energía. Estos detectores deben emitir una alarma audible lo suficientemente alta como para ser claramente audible en todo el espacio de trabajo y realizar pruebas automáticas periódicas para garantizar su correcto funcionamiento. Es fundamental que estos dispositivos estén certificados y cumplan con las normas y regulaciones locales de seguridad para garantizar su eficacia en la detección temprana de humo y la protección de la vida y la propiedad.

Sistema de evacuación en caso de emergencia

Diseñar un sistema de evacuación en caso de emergencia es fundamental para garantizar la seguridad de las personas en un centro de capacitación de soldadura. A continuación se establecen las consideraciones y elementos importantes que debes tener en cuenta al diseñar un sistema de evacuación eficaz:

- **Plan de evacuación:** El primer paso es desarrollar un plan de evacuación detallado que identifique las rutas de escape, las zonas de reunión segura y las acciones a seguir en caso de emergencia. Este plan debe estar claramente comunicado a todos los ocupantes del centro de capacitación y debe ser objeto de revisiones y prácticas periódicas.
- **Señalización de evacuación:** Instala señalización de evacuación clara y visible en todo el centro. Esto incluye señales de salida, flechas que indican la dirección de las salidas, y señales que identifican las rutas de escape y las zonas de reunión segura. Las señales deben cumplir con las normativas locales y ser fácilmente comprensibles.
- **Salidas de emergencia:** Asegúrate de que haya salidas de emergencia adecuadas que cumplan con las regulaciones de seguridad. Deben estar bien iluminadas y despejadas

en todo momento, y las puertas de salida deben abrirse fácilmente desde el interior sin necesidad de llaves o herramientas.

- **Vías de escape:** Las rutas de escape deben estar libres de obstáculos y deben ser lo suficientemente anchas para permitir una evacuación rápida y segura de todas las personas. Considera la posibilidad de puertas antipánico o sistemas que faciliten la apertura de puertas en caso de emergencia.
- **Iluminación de emergencia:** Instalar iluminación de emergencia para garantizar que las rutas de escape y las áreas de reunión sean visibles incluso en caso de cortes de energía.
- **Capacitación y práctica:** Proporcionar capacitación regular a todos los ocupantes sobre cómo actuar en caso de emergencia y sobre el uso de los sistemas de evacuación y realiza simulacros de evacuación para asegurar que todos estén familiarizados con el proceso y puedan evacuar de manera segura y ordenada.
- **Equipos de seguridad:** Ubicar equipos de seguridad, como extintores y botiquines de primeros auxilios, en puntos estratégicos a lo largo de las rutas de escape.
- **Comunicación de emergencia:** Establecer un sistema de comunicación de emergencia, como alarmas audibles o sistemas de megafonía, para alertar a las personas en caso de una emergencia.
- **Zona de reunión segura:** Designar una zona de reunión segura fuera del edificio, a una distancia segura de cualquier peligro potencial, donde todos los ocupantes deben reunirse después de evacuar el edificio. Esto facilita la verificación de que todas las personas estén a salvo.
- **Revisión y actualización:** Es importante revisar y actualizar regularmente el plan de evacuación y los sistemas de seguridad para asegurarse de que estén en consonancia con las regulaciones vigentes y las necesidades cambiantes del centro de capacitación.

Equipo de Protección Personal (EPP)

El tipo de EPP que se necesita para seis estaciones de trabajo en un centro de capacitación de soldadura, considerando que en cada estación habrá tres estudiantes. Además, se mencionan las normativas generales a considerar:

Tabla 3.*Cantidad de EPP*

Tipo de EPP	Normativa de Referencia	Cantidad Necesaria (Total)
Gafas de Seguridad	Norma ANSI Z87.1	18
Guantes de Soldadura	Norma EN 12477 (EN 388)	18 pares
Mandiles Ignífugos	Norma NFPA 2112 (opcional)	6
Protectores Auriculares	Norma ANSI S3.19	18
Calzado de Seguridad (opcional)	Norma ASTM F2413	18 pares

4.2 Equipamiento de las estaciones de soldadura**4.2.1 Equipos de soldadura**

A continuación, se describen los equipos básicos requeridos para el centro de capacitación:

Tabla 4.

Equipos básicos requeridos para el centro de capacitación

Herramienta	Cantidad (Conjunto Completo por Estación)	Cantidad Total
- Arco Eléctrico (SMAW)	1	6
- TIG (GTAW)	1	6
- MIG/MAG (GMAW)	1	6

1. Equipo de Soldadura por Arco Eléctrico (SMAW):

- Modelo: Lincoln Electric Idealarc 250
- Características: Este equipo también conocido como soldadura con electrodo revestido, es versátil y apto para una diversidad de usos y aplicaciones. Tiene una capacidad de soldadura de hasta 250 amperios, lo que lo hace ideal para soldar acero al carbono y acero inoxidable. Tiene un diseño robusto y es sencillo de utilizar, lo que lo convierte en una elección apropiada para estudiantes y personas en proceso de aprendizaje.



Figura 12. Equipo de Soldadura por Arco Eléctrico (SMAW)

Fuente: (Perfection Industrial, s.f.)

2. Equipo de Soldadura TIG (GTAW):

Modelo: Miller Diversión 180

Características: El equipo de soldadura TIG es conocido por su precisión y capacidad para producir soldaduras de alta calidad. El modelo Miller Diversión 180 es una opción excelente para capacitación debido a su facilidad de uso y versatilidad. Ofrece una corriente de soldadura de hasta 180 amperios, lo que permite la soldadura de aceros inoxidable, aluminio y otros metales no ferrosos. Además, cuenta con características de inicio suave y control de amperaje preciso, lo que simplifica el proceso de adquisición de conocimientos de la técnica TIG.



Figura 13. Equipo de Soldadura TIG (GTAW)

Fuente: (Grainger, s.f.)

3. Equipo de Soldadura MIG/MAG (GMAW):

Modelo: ESAB Rebel EMP 215ic

Características: El equipo de soldadura MIG/MAG, es ampliamente empleado en el sector industrial debido a su eficiencia en la producción. El modelo ESAB Rebel EMP 215ic es una excelente elección para un centro de capacitación, ya que es versátil y fácil de usar. Ofrece una capacidad de soldadura de hasta 240 amperios y es adecuado para soldar una variedad de metales, incluyendo acero al carbono, acero inoxidable y aluminio. Además, cuenta con características como la configuración automática del voltaje, que facilitan su uso para principiantes.



Figura 14. Equipo de Soldadura MIG/MAG (GMAW)

Fuente: (ESAB, s.f.)

4.2.2 Equipos de corte y preparación de soldaduras

Los equipos de corte y preparación de soldaduras son herramientas y maquinaria utilizadas para preparar las piezas y componentes antes de realizar la soldadura. Estos equipos son fundamentales para asegurar que las uniones soldadas sean de alta calidad y cumplan con los estándares de soldadura. Para el centro de capacitación es importante contar con equipos de corte y preparación de soldaduras que sean adecuados para el aprendizaje y que ofrezcan un equilibrio entre eficacia y costo. A continuación, se presenta una lista de equipos y herramientas esenciales que pueden ser apropiadas para un centro de capacitación de este tamaño:

Tabla 5.

Descripción de los equipos de corte y preparación de soldaduras requeridas para el centro de capacitación

Herramienta	Cantidad (Conjunto Completo por Estación)	Cantidad Total
Máquinas de Corte		
Sierra de Cinta para Metal marca Jet o Grizzly	-	2
Máquina de Corte por Plasma Hypertherm Powermax45 XP	-	1
Equipo de Oxicorte	-	1
Herramientas de Desbaste y Limpieza		
Amoladoras angulares de marcas como DeWalt o Makita, junto con discos de desbaste y cepillos de alambre	-	2
Lijadoras eléctricas o neumáticas, como las de la marca Bosch o Ingersoll Rand	-	2
Herramientas Manuales de Corte y Desbaste: limas, esmeriles y escariadores	2	12

Una sierra de cinta para metal, como, es una opción adecuada para cortar piezas de metal de manera precisa. Se deben tener al menos 2 unidades para permitir el trabajo simultáneo en varias estaciones.



Figura 15. Sierra de Cinta para Metal marca Jet o Grizzly

Fuente: (Grizzly Industrial, s.f.)

Una máquina de corte por plasma portátil, como la Hypertherm Powermax45 XP, es útil para cortes precisos y veloces en láminas metálicas y placas.



Figura 16. Máquina de corte por plasma portátil

Fuente: (Premier Plasma, 2023)

Un conjunto de oxicorte que incluya reguladores, sopletes y botellas de oxígeno y acetileno. Esto permitirá a los estudiantes aprender técnicas de corte con gas.



Figura 17. Conjunto de oxicorte

Fuente: (Lens, s.f.)

4.2.3 Herramientas

A continuación, se describen herramientas requeridas para el centro de capacitación

Tabla 6.

Descripción de las herramientas requeridas para el centro de capacitación

Herramienta	Cantidad (Conjunto Completo por Estación)	Cantidad Total
Mazos de Golpe	1	6
Cepillos de Alambre	1	6
Escuadras	1	6
Alicates de Sujeción	1	6
Limas	1	6
Reglas	1	6

La tabla 6 presenta un resumen de las herramientas requeridas para equipar un centro de capacitación, especificando tanto la cantidad de conjuntos completos por estación como la cantidad total necesaria. Se enumeran seis tipos de herramientas esenciales: Mazos de Golpe, Cepillos de Alambre, Escuadras, Alicates de Sujeción, Limas, y Reglas.

4.2.4 Materiales y consumibles

A continuación, se describen los materiales requeridos para el centro de capacitación:

Tabla 7.

Descripción de los materiales requeridos

Materiales	Cantidad (Conjunto Completo por Estación)	Cantidad Total
Electrodo de Acero al Carbono E6013	1 (aproximadamente 5 kg)	6(aproximadamente 30 kg)
Alambres de Soldar (para MIG/MAG - GMAW)	1	6
Alambre de Soldar ER70S-6 (para acero al carbono) Diámetro del Alambre: 0.035 pulgadas (0.9 mm)	1 carrete de alambre (5 kg)	6 carretes de alambre (30 kg)

Gases de Protección (para MIG/MAG - GMAW): Mezcla de Argón y Dióxido de Carbono (Ar/CO2) para soldadura de acero al carbono.	1 Cilindros de Gas: Tamaño estándar de 7 metros cúbicos (aproximadamente)	6 Cilindros de Gas: Tamaño estándar de 7 metros cúbicos (aproximadamente)
--	--	--

4.2.5 Estaciones de inspección y pruebas

Las estaciones de inspección y pruebas son áreas dedicadas en un centro de capacitación de soldadura donde los estudiantes y profesionales pueden llevar a cabo la evaluación visual y las pruebas de calidad de las soldaduras realizadas. Estas estaciones son esenciales para el desarrollo de las competencias de soldadura y el perfeccionamiento de las habilidades., ya que permiten identificar defectos y asegurar la calidad del trabajo. A continuación, se detallan los elementos de cada una de las tres estaciones de inspección y pruebas:

Tabla 8.

Descripción de los elementos de las estaciones de inspección y prueba

Materiales	Cantidad (Conjunto Completo por Estación)	Cantidad Total
Lupas de Inspección: Lupa de mano con iluminación LED Modelo: Carson Lumi Loupe (modelo LV-10)	1 unidad	3 unidades
Cámara de inspección portátil con pantalla LCD Modelo: DEPSTECH DS450 Dual Lens	1 unidad	3 unidades



Figura 18. Cámara de inspección portátil con pantalla LCD Modelo: DEPSTECH DS450 Dual Lens

Fuente: (Depstech, s.f.)

4.3 Capacitación y entrenamiento del personal encargado de las estaciones

En esta sección, se examinaron en detalle las medidas y prácticas de seguridad implementadas en las estaciones de soldadura. Desde la protección personal hasta la gestión de riesgos y la respuesta a emergencias, cada aspecto se abordará con el objetivo de asegurar un ambiente que sea seguro y favorable para la adquisición de habilidades de soldadura. La capacitación efectiva de los soldadores no solo se trata de la adquisición de conocimientos y técnicas, sino también de la promoción de una cultura de seguridad que es fundamental en sus futuros roles en la industria de la soldadura. Estas medidas se han diseñado considerando tanto la seguridad de los aprendices como la preservación de los recursos y la infraestructura de las instalaciones de soldadura.

Tabla 9.

Capacitación y entrenamiento del personal encargado de las estaciones

Personal	Cargo	Capacitación y Entrenamiento
Instructor Principal	Instructor de Soldadura	<ul style="list-style-type: none"> - Certificación en soldadura y experiencia previa en la industria de la soldadura. - Participación en un programa de formación de instructores para aprender las metodologías de enseñanza adecuadas. - Entrenamiento en seguridad en el lugar de trabajo y procedimientos de emergencia. - Conocimiento profundo de los contenidos y competencias del programa de capacitación.

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD

En esta sección, se llevó a cabo un análisis detallado de los recursos necesarios para la implementación del centro de capacitación en soldadura, desde la infraestructura y el equipamiento hasta el personal y las medidas de seguridad, con el objetivo de asegurar un ambiente que sea seguro y favorable para el desarrollo de habilidades de soldadura; destacando que, la formación efectiva de los futuros soldadores no solo se centra en la adquisición de habilidades técnicas, sino también en la promoción activa de una cultura de seguridad que será esencial en sus futuros roles en la industria de la soldadura. Estos recursos se han diseñado teniendo en cuenta tanto la seguridad de los estudiantes como la preservación de los recursos y la infraestructura de las instalaciones de capacitación.

5.1 Evaluación de la disponibilidad y adecuación de las instalaciones existentes

El centro de capacitación de soldadura estará ubicado en las instalaciones de la PUCE, en un área que ya ha sido construida previamente. Una inspección previa detallada se llevó a cabo para evaluar la disponibilidad y adecuación de estas instalaciones existentes con respecto a las necesidades del centro de capacitación. Durante esta inspección, se midieron las dimensiones de las áreas disponibles y se determinó que el sitio es adecuado para albergar las estaciones de trabajo, equipos de soldadura, estaciones de inspección y pruebas, y otros elementos necesarios para el funcionamiento eficiente y seguro del centro de capacitación de soldadura. Las adaptaciones necesarias se realizarán para garantizar que el espacio cumpla con los estándares y requisitos específicos para la formación en soldadura, garantizando un ambiente propicio para el aprendizaje y la práctica de los procedimientos de soldadura.

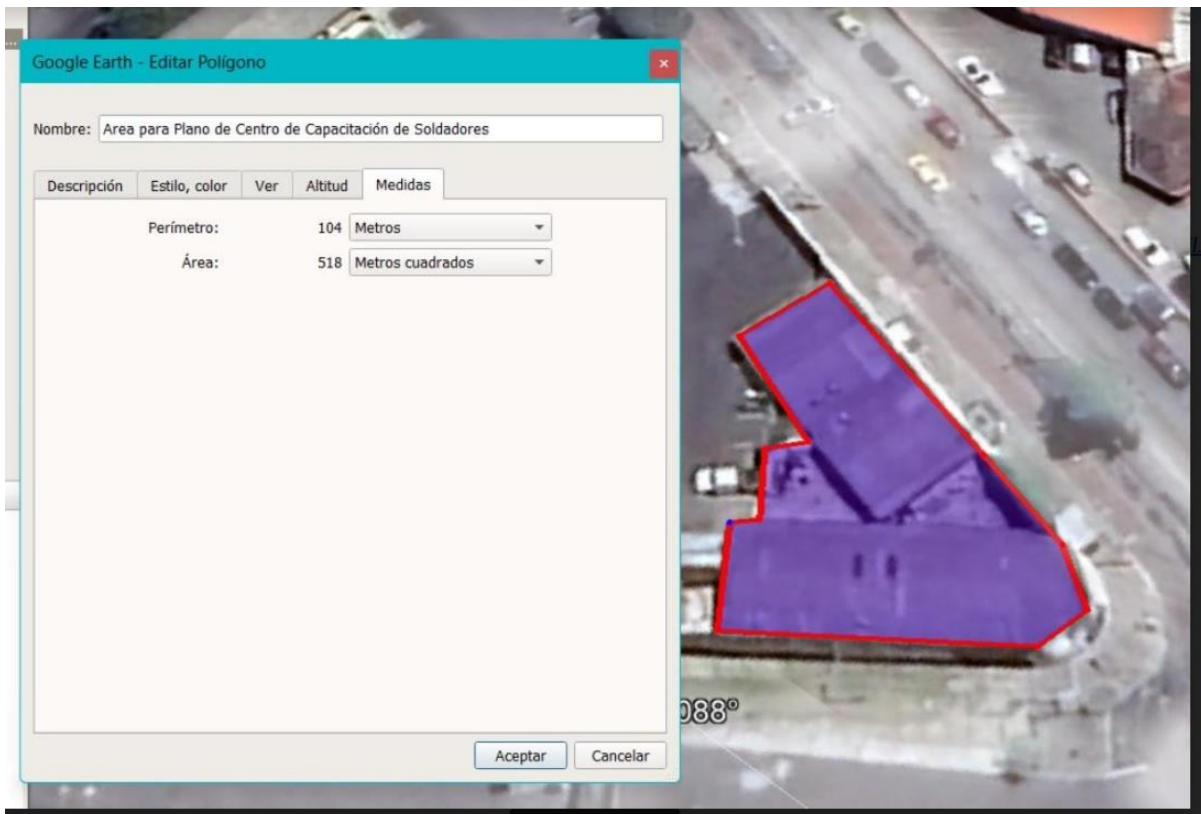


Figura 19. Área para planos del centro de capacitación de soldadores

5.2 Estudio de los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1.

En esta sección, se llevará a cabo un estudio exhaustivo de los requisitos técnicos y normativos establecidos por las prestigiosas normas AWS D1.1 y D1.5. Estas normas son ampliamente reconocidas en la industria de la soldadura y establecen estándares rigurosos para la calidad y seguridad en la soldadura de acero estructural y puentes. El objetivo de este análisis es garantizar que un futuro centro de capacitación cumpla con todos los requisitos necesarios para la formación y calificación de soldadores, asegurando así la preparación de profesionales altamente competentes y cumpliendo con los estándares más exigentes de la industria.

Tabla 10

Estudio de los requisitos técnicos y normativos establecidos por las normas AWS D1.1 y D1

Requisito Técnico/Normativo	Descripción
Normas AWS D1.1 y D1.5	<p>Las normas AWS D1.1 ("Structural Welding Code - Steel") y D1.5 ("Bridge Welding Code") son estándares ampliamente reconocidos en la industria de la soldadura. Estas normas establecen los requisitos técnicos para la soldadura de acero estructural y soldadura en puentes, respectivamente. Será fundamental cumplir con los requisitos específicos de estas normas en la capacitación y calificación de soldadores.</p>
Infraestructura adecuada	<p>De acuerdo con las normas AWS D1.1 y D1.5, se requerirá una infraestructura adecuada que incluya estaciones de soldadura con espacio suficiente para las operaciones, sistemas de ventilación para la eliminación de humos y gases, iluminación adecuada para garantizar la visibilidad, y áreas de inspección y pruebas de soldaduras según sea necesario para cumplir con los estándares de calidad.</p>
Equipos de soldadura	<p>Los equipos de soldadura utilizados en el centro de capacitación deben cumplir con las especificaciones y estándares recomendados por las normas AWS, garantizando la disponibilidad de máquinas de soldar con diferentes procesos (arco eléctrico, TIG, MIG/MAG) y asegurando que estén en óptimas condiciones de funcionamiento.</p>
Procedimientos de soldadura	<p>Se deben desarrollar y seguir procedimientos de soldadura específicos para cada proceso y tipo de junta, de acuerdo con las directrices de las normas AWS D1.1 y D1.5. Esto incluye la calificación de los procedimientos de soldadura (PQR) y la calificación de soldadores (WPS).</p>
Material de Consumo	<p>Los materiales de consumo utilizados, como electrodos, alambres, gases de protección y otros consumibles, deben cumplir con las especificaciones y recomendaciones de las normas AWS para garantizar la calidad de las soldaduras.</p>
Personal Calificado	<p>El personal encargado de la capacitación y calificación de soldadores debe estar debidamente certificado y tener experiencia en la aplicación de las normas AWS D1.1 y D1.5. Esto incluye instructores, inspectores y cualquier personal relacionado con la formación y evaluación de soldadores.</p>
Inspecciones y Pruebas	<p>De acuerdo con las normas AWS, se deben llevar a cabo inspecciones visuales y pruebas no destructivas (si corresponde) en las soldaduras para</p>

		verificar la calidad y cumplimiento con los estándares. Esto incluye el uso de lupas, cámaras de inspección y equipos de rayos X si es necesario.
Registro y Documentación	y	Se debe llevar un registro detallado de todas las actividades de capacitación y calificación, incluyendo la documentación de procedimientos de soldadura calificados, calificaciones de soldadores, informes de inspección y otros registros requeridos por las normas AWS.
Seguimiento y Mejora	y	Se debe establecer un sistema de seguimiento y mejora continua para asegurar el cumplimiento constante de los requisitos de las normas AWS D1.1 y D1.5. Esto incluye la revisión periódica de procedimientos, la actualización de equipos y la capacitación continua del personal.

5.3 Evaluación económica y financiera del proyecto

En el siguiente apartado, se presenta los costos de implementación del centro de capacitación en soldadura, la cual tiene como objetivo analizar los recursos necesarios para poner en marcha el centro, considerando costos estimados para diversos elementos, desde la infraestructura y el equipamiento hasta el personal y las medidas de seguridad.

5.3.1 Costos del proyecto

A continuación, se describen los costos asociados a las estaciones de soldadura:

Tabla 11.

Costos asociados a las estaciones de soldadura

Elemento	Descripción	Cantidad Necesaria (Total)	Precio Unitario Estimado (USD)	Costo Total Estimado (USD)
Espacio de Trabajo	Área mínima de 6 metros cuadrados por estación	36 metros cuadrados	10 por metro cuadrado	360
Bancos de Trabajo	Superficie resistente al calor, robusta, con bordes elevados y anclajes de tierra	6	150 por banco	900
Área de Almacenamiento	Estanterías o gabinetes organizados y seguros	6	200 por área	1200
Ventilación	Sistema de extracción de humos y gases	6	2,000 por sistema	12000
Iluminación	Lámparas LED de al menos 5000 Kelvin, luminarias ajustables,	6	300 por lámpara	1800

	iluminación de emergencia			
Extintores de Incendios	Extintores de polvo químico seco (PQS) o dióxido de carbono (CO2) adecuados a la ubicación	2	400 por extintor	800
Sistema de Detección y Alarma	Detectores fotoeléctricos interconectados y sistema de alarma	-	3,000 por sistema	3000
Sistema de Evacuación	Plan de evacuación, señalización, salidas de emergencia, iluminación de emergencia, capacitación y práctica	-	5,000 por sistema	5000
EPP	Gafas de Seguridad, Guantes de Soldadura, Mandiles Ignífugos (opcional), Protectores Auriculares, Calzado de Seguridad (opcional)	90 (18 de cada tipo)	50 por conjunto (5 elementos)	4500
Total (\$)				28,260

A continuación, se describen los costos asociados al equipamiento de los equipos:

Tabla 12

Descripción de los costos asociados al equipamiento de los equipos

Equipos y Materiales	Cantidad Estación	por	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Equipos de Soldadura				
- Arco Eléctrico (SMAW)	1		1,5	9
- TIG (GTAW)	1		2	12
- MIG/MAG (GMAW)	1		1,8	10,8
Equipos de Corte y Preparación de Soldaduras				
- Sierra de Cinta para Metal	2		1,2	2,4
- Máquina de Corte por Plasma	1		2,5	2,5
- Equipo de Oxicorte	1		800	800
- Amoladoras Angulares	2		150	300
- Lijadoras Eléctricas o Neumáticas	2		200	400
- Herramientas Manuales de Corte y Desbaste	12		50	600
Herramientas				
- Mazos de Golpe	1		20	120
- Cepillos de Alambre	1		10	60
- Escuadras	1		15	90
- Alicates de Sujeción	1		25	150

- Limas	1	10	60
- Reglas	1	20	120
Materiales y Consumibles			
- Electrodo de Acero al Carbono E6013	1 (5 kg)	30	180
- Alambres de Soldar (para MIG/MAG - GMAW)	1	40	240
- Gases de Protección (Ar/CO2)	1 Cilindro (7 m ³)	100	600
Estaciones de Inspección y Pruebas			
- Lupas de Inspección (Carson Lumi Loupe)	1	30	90
- Cámaras de Inspección Portátil (DEPSTECH DS450)	1	200	600
Total (\$)			4446,7

El costo de la certificación de AWS para el centro de capacitación de soldadura variará significativamente y dependerá de la cantidad de estudiantes que se certificarán, la frecuencia de las certificaciones y si se busca la certificación para niveles básicos o avanzados.

5.3.2 Ingresos del proyecto

El costo de la capacitación por estudiante a \$160 dólares y recalcularemos el ingreso mensual por los cursos en el centro de capacitación de soldadura.

Ingreso por Curso con Costo de \$160 por Estudiante:

El costo de la capacitación por estudiante es de \$160.

Cada curso tiene un total de 18 estudiantes.

Por lo tanto, el ingreso por curso se calcula multiplicando el costo por estudiante (\$160) por el número de estudiantes en el curso (18 estudiantes).

Ingreso por Curso = \$160 (Costo por Estudiante) x 18 (Estudiantes por Curso) = \$2,880 por curso.

Total, de Ingresos Mensuales con Cursos a \$160 por Estudiante:

Dado que el centro de capacitación puede ofrecer hasta 4 cursos en un mes, se calculó el ingreso mensual multiplicando el ingreso por curso (\$2,880) por el número de cursos dictados en ese período (4 cursos).

Total, de Ingresos Mensuales = \$2,880 (Ingreso por Curso) x 4 (Cursos en un Mes) = \$11,520.

Con un costo de capacitación de \$160 por estudiante, el ingreso mensual estimado por los cursos en el centro de capacitación de soldadura sería de \$11,520. Esto representa la

cantidad total de dinero que el centro podría generar en un mes a través de la capacitación en soldadura, considerando la capacidad de los bancos de trabajo y el número de estudiantes por curso.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El establecimiento de un centro de formación para la certificación de soldadores adjunto al laboratorio de materiales de la PUCE se presenta como un proyecto viable, del cual está diseñado para cumplir con los estándares de calidad y seguridad exigidos en la industria de la soldadura. La metodología educativa implementada, que combina clases teóricas con prácticas, junto con una evaluación continua y un seguimiento del progreso de los participantes, refleja un compromiso hacia la excelencia educativa y el desarrollo de habilidades fundamentales en los soldadores. Asimismo, la planificación y la inversión inicial requerida para la infraestructura, equipamiento y medidas de seguridad evidencian una clara viabilidad económica del proyecto, con el potencial para generar ingresos sostenibles a través de los programas formativos.
- El plan de capacitación para la calificación de soldadores en el centro anexo al laboratorio de materiales de la PUCE se ha desarrollado de manera integral y estructurada. Este programa abarca una amplia gama de contenidos, desde los fundamentos de la soldadura hasta aspectos avanzados de seguridad y control de calidad. La metodología de enseñanza adopta un enfoque activo, combinando clases teóricas y prácticas, promoviendo el aprendizaje colaborativo y proporcionando tutorías personalizadas. La evaluación y el seguimiento son continuos, asegurando que los participantes adquieran las competencias necesarias y permitiendo un registro de su progreso. En última instancia, este plan de capacitación tiene como objetivo preparar a los soldadores para cumplir con los estándares de calidad y seguridad en la industria de la soldadura, contribuyendo al éxito y la excelencia en este campo.
- Se diseñaron seis estaciones de soldadura, cada una con un espacio de al menos 6 metros cuadrados, bancos de trabajo robustos y resistentes al calor, áreas de almacenamiento organizadas, sistemas de ventilación adecuados para eliminar humos y gases, iluminación LED brillante y uniforme, y medidas de seguridad como extintores de incendios, sistemas de detección y alarma de incendios, y un sistema de evacuación en caso de emergencia bien planificado. Además, se proporcionó el EPP necesario según las normativas aplicables.
- La evaluación económica y financiera del proyecto para establecer un centro de capacitación en soldadura anexo al laboratorio de materiales de la PUCE indica que se requerirá una inversión inicial de \$28,260 para infraestructura, equipamiento y medidas

de seguridad. Sin embargo, el proyecto tiene el potencial de generar ingresos mensuales de \$11,520 a través de cursos de capacitación a \$160 por estudiante, lo que sugiere su viabilidad financiera. A pesar de esto, es necesario realizar un análisis más detallado, considerando la demanda y la competencia en el mercado, antes de tomar una decisión final sobre la implementación del centro de capacitación.

6.2 Recomendaciones

- Se sugiere realizar un análisis más detallado y exhaustivo del mercado de la soldadura, tomando en cuenta aspectos como la demanda actual y proyectada de servicios de formación en soldadura, la competencia presente en el sector, y las necesidades particulares de los posibles clientes. Esto contribuirá a obtener una visión más precisa sobre la viabilidad y la demanda del centro de formación.
- Se recomienda establecer asociaciones estratégicas con compañías del ámbito industrial, organizaciones gremiales u otros actores relevantes en el sector de la soldadura. Estas colaboraciones podrían ofrecer recursos adicionales, oportunidades para establecer contactos, acceso a potenciales clientes y respaldo en la promoción y difusión de los programas formativos.
- Ampliar la variedad de cursos ofrecidos: Se recomienda evaluar la posibilidad de diversificar la oferta formativa con el fin de incluir una amplia gama de niveles experienciales y especializaciones en soldadura. De esta manera se podrá atraer a un público más diverso y satisfacer las necesidades específicas de diferentes segmentos del mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aeromaquinados. (s.f.). *Símbolos de soldadura*. <https://aeromaquinados.com/simbolos-de-soldadura/>
- Alibaba. (s.f.). *High quality flexible fume extraction arms/dust suction arm with fume exhaust hood/smoke extraction arm*. https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-flexible-fume-extraction-arms_60164417880.html
- American Welding Society. (2020). *Vision for Welding Industry*. <https://app.aws.org/research/vision.pdf>
- AWS. (2007). *AWS QC1-2007. Norma para la Certificación de Inspectores de Soldadura de la American Welding Society*.
- AWS. (2013). *AWS B5.1-2013. Especificación para la Calificación de Inspectores de Soldadura de la American Welding Society*.
- Bhaskarrao, M., & Wankhede, P. (2020). Occupational Hazards Associated with Welding Work That Influence Health Status of Welders. *International Journal of Current Research and Review*, 12(3), 51-65. <https://www.researchgate.net/publication/347431183>
- Borja, D. (2021). *Análisis de las capacidades del profesional cwi; de inspección de soldadura, entre los casos de estudio API 1104, YAWS D1.1*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15987/1/25T00413.pdf>
- CENIM. (s.f.). *CENIM*. <https://www.cenim.csic.es/laboratorio-de-soldadura/>
- CETI. (2020). *Programa de entrenamiento para la Certificación de CWI*. <https://www.indura.com.ec/Content/Storage/EC/Contenido/Editor/Ecuador/Metalmecanica/PDF/INFORMATIVOCWI2020.pdf>
- Chan, V., Norehan, H., Bin, M., & Mohamed, .: F. (2022). VR and AR virtual welding for psychomotor skills: a systematic review. *Multimed Tools Appl.*, 81(9), 12459–12493. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8857740/>
- Depstech. (s.f.). *1080p Dual-Lens Handheld Endoscope with 5" IPS Screen*. https://depstech.com/products/endoscope-with-screen-ds500?variant=34464601669691¤cy=USD&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA_tuuBhAUEiwAvxkgTu1db4UyTHWto2757H85ojuNLhe
- Desde adentro. (06 de julio de 2022). *Desde adentro*. <https://www.desdeadentro.pe/2022/07/instalan-primer-centro-de-entrenamiento-para-soldadores-calificados-del-sur/>
- EPN. (s.f.). *Escuela Politécnica Nacional* . <https://www.epn.edu.ec/metalmecanica-sanbartolo/>

- ESAB. (s.f.). *Los equipos de soldadura de la serie Rebel*. https://esab.com/cl/sam_es/products-solutions/product/arc-welding-equipment/mig-welders-gmaw/rebel-emp-215ic/
- Fire Supply Depot. (s.f.). *5 lb. Multi-Purpose Fire Extinguisher 2A:10B:C - Amerex B500*. https://www.firesupplydepot.com/amerex-b500-abc-fire-extinguisher.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA_tuuBhAUEiwAvxkgTvrxUg4bPUADoVgNUs6Tv81ip5tVFLAy-htL28EdaXcayEPcC9OmFRoCxU8QAvD_BwE
- Fitri, M., Hidayatulloh, P., Wibowo, K., & Darmawan, A. (2021). The Effect of Smaw Welding Currents on Mechanical Properties and Micro Structures of Low Carbon Steels. *Materials Science Forum*, 15-23. https://www.researchgate.net/publication/367926755_The_Effect_of_Smaw_Welding_Currents_on_Mechanical_Properties_and_Micro_Structures_of_Low_Carbon_Steels
- Fortune. (11 de 06 de 2023). *The global welding market size*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/welding-market-101657>
- Grabcad. (s.f.). Mesa banco para trabajos de soldadura. <https://grabcad.com/library/mesa-banco-para-trabajos-de-soldadura-metal-workbench-1>
- Grainger. (s.f.). *Miller electric TIG Welder: Diversion 180, AC/DC, TIG Pack w/Foot Control, 180 A*. https://www.grainger.com/product/6DLX2?gucid=N:N:PS:Paid:GGL:CSM-2295:4P7A1P:20501231&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA_tuuBhAUEiwAvxkgTs5pr3yH6XprPYolnlm_PLfNV_BnAHF1y3SOqhL6YTyjWAUrweMnRoCmcgQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds
- Grizzly Industrial. (s.f.). *Grizzly Industrial G0513-17" 2 HP Sierra de cinta*. <https://www.amazon.com/-/es/Grizzly-Industrial-G0513-17-Sierra-cinta/dp/B0000DD08V>
- Gronski, S. (2022). *Pisos para talleres y parqueaderos*. <https://sanchezgronskirecubrimientos.com/pisos/pisos-para-talleres-y-parqueaderos/>
- Habitat y vivienda. (2017). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf>
- Intech Perú Welding . (10 de 09 de 2022). Esquema de Certificación de Inspectores de Soldadura de AWS. <https://intechperuwelding.com/2021/09/19/esquema-de-certificacion-de-inspectores-de-soldadura-de-aws/>
- Lens. (s.f.). *El equipo de OXI-GAS*. https://lens.google.com/search?ep=gsbubb&hl=es-419&re=df&p=AbrfA8q2rnH4Gu7ittK_5SyYG6DNDnumxAvtbzH2qieqVkYG4IL421ZCSzraEedenlFdbL-Prwp6RMzrhfiiijD4FIDc6EF89mljelb0cwhouP3DQlb5r4CPQLxYIDxCw4nVctQC48cKPWcmFSCl9yDeTqtsKspT-xkNYZYMIQPvD3hWtpfgH1vSqWUd18brcNdQ
- Metalinspec. (2022). *Gabinetes Clasificadores*. <https://www.metalinspec.com.mx/categorias-de-equipos/gabinetes-clasificadores>

- Metfusion. (2013). *Defectos en la soldadura, causas y soluciones*.
<https://metfusion.wordpress.com/2013/08/10/defectos-en-la-soldadura-causas-y-soluciones/>
- Niebles, E., & Arnedo, W. (2009). Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria. *Inf. tecnol.*, 20(3).
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000300004
- Perfection Industrial. (s.f.). *Heavy Fabrication & Welding Facility Closure*.
<https://perfectionindustrial.auctionserver.net/m/lot-details/index/catalog/171/lot/33167/>
- Phillips, D. H. (2016). *Welding Engineering: An Introduction*. Willey.
<https://www.daboosanat.com/wp-content/uploads/2019/04/%D9%85%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%DB%8C-%D8%AC%D9%88%D8%B4.pdf>
- Premier Plasma. (1 de 12 de 2023). *Unlocking the Power of Hypertherm Powermax 45XP: Your FAQs Answered!* <https://premierplasmacnc.com/blogs/news/unlocking-the-power-of-hypertherm-powermax-45xp-your-faqs-answered>
- Shravan, C., Radhika, N., Deepak, N., & Sivasailam, B. (2023). A review on welding techniques: properties, characterisations and engineering applications. *Advances in Materials and Processing Technologies*.
<https://doi.org/10.1080/2374068X.2023.2186638>
- Siang, V., Haron, H., Bin, M., & Bin, F. (2022). VR and AR virtual welding for psychomotor skills: a systematic review. *Multimedia Tools and Applications*, 81, 12459–12493.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-022-12293-5>
- Siang, V., Norehan, H., Ismail, M., & Bin, F. (2022). VR and AR virtual welding for psychomotor skills: a systematic review. *Multimed Tools Appl.*, 81(9), 12459–12493.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8857740/>
- Solo soldadores. (22 de noviembre de 2023). *Solo soldadores*.
<https://www.facebook.com/groups/568727971532259/>
- Store Interstate Products. (s.f.). *Eagle 60 Gallon Flammable Safety Cabinet -Self Closing - 6010X*.
https://store.interstateproducts.com/products/Standard_Flammable_Cabinets/Eagle-6010-Safety-Cabinets-60gal?utm_term=&utm_campaign=Shopping-Cabinets-Eagle+Only-Flammable&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5506139960&hsa_cam=1772879941&hsa_grp=682045
- Tecnologías en Soldadura. (20 de 09 de 2021). *¿Cómo se realiza la soldadura de arco SMAW?*
<https://tecnologiasensoldadura.com.mx/como-se-realiza-la-soldadura-de-arco-smaw/>
- U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. (06 de 09 de 2023). *Welders, Cutters, Solderers, and Brazers*. <https://www.bls.gov/ooh/production/welders-cutters-solderers-and-brazers.htm>

ANEXOS

Anexo 1. Plano de la institución

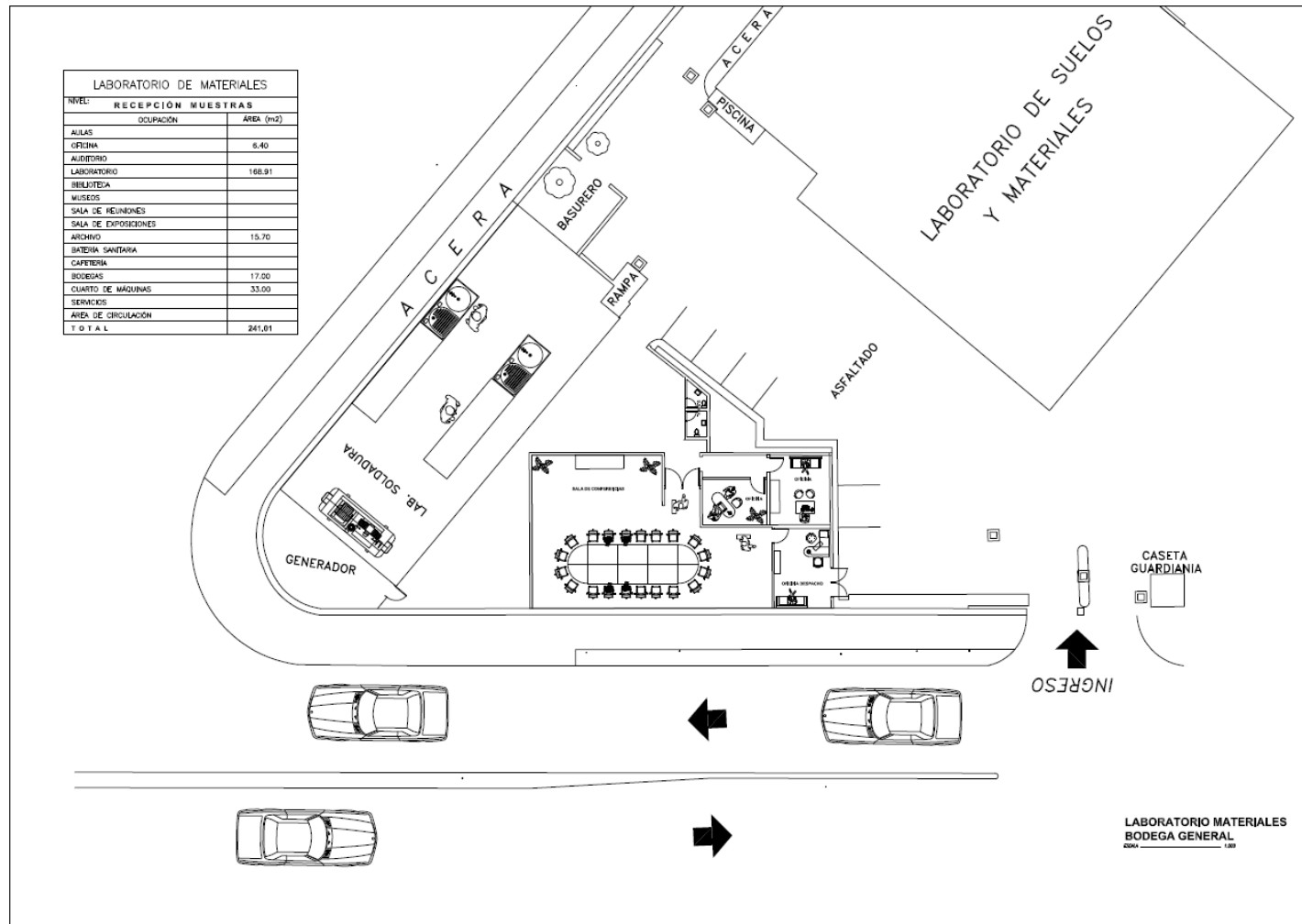


Figura 20. Planos del centro de capacitación de soldadores

Anexo 2. Modelo del Área de Trabajo Laboratorio Soldadura



Figura 21. Laboratorio de Soldadura

Fuente: (CENIM, s.f.)

Anexo 3. Distribución de Laboratorio



Figura 22. Distribución Laboratorio de Soldadura

Fuente: (EPN, s.f.)

Anexo 4. Estaciones de Capacitación



Figura 23. Estación de Capacitación Laboratorio de Soldadura

Fuente: (Desde adentro, 2022)

Anexo 5. Área de Trabajo



Figura 24. Área de Trabajo del Laboratorio de Soldadura

Fuente: (Solo soldadores, 2023)