

**UNIVERSIDAD CENTRAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE
SIMULACIÓN, EN LOS PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN DE LOS
PROCESOS DE SOLDADURA MANUAL, IMPARTIDOS EN EL INSTITUTO
TÉCNICO PARA CAPACITACIÓN EN METALMECÁNICA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE:
ING. GERMAN VALERIO CALVO**

**SAN JOSÉ, COSTA RICA
I CUATRIMESTRE, 2019**

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio se realiza en el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, en el Departamento de Construcciones Metálicas, específicamente en los módulos de capacitación de los procesos manuales de soldadura. El objetivo es presentar una propuesta de mejora con el fin de disminuir los actuales costos de ejecución invertidos para el adiestramiento de soldadores mediante el método tradicional, además de mejorar la calidad del proceso de adquisición de conocimientos y habilidades kinestésicas en los estudiantes.

En el análisis de resultados, se identifican los factores de mayor injerencia en la inversión financiera de la institución para llevar a cabo la capacitación en los procesos de soldeo manual. Estos factores se representan mediante algunas herramientas de ingeniería, como el análisis FODA, el diagrama de causa y efecto, las tablas multivoto y el diagrama de Pareto, cuyo propósito es evidenciar el alto costo del método tradicional para el adiestramiento de soldadores.

Por medio de la propuesta del capítulo V, se indican los beneficios por obtener si la institución toma la decisión de implementar la proposición de capacitar y entrenar soldadores mediante la tecnología informática de simulación con realidad virtual integrada. El análisis arroja algunas recomendaciones de aplicación como propuesta de mejora, a fin de reducir la inversión financiera actual, maximizando el aprovechamiento de los recursos existentes en la institución y consiguiendo, por ende, el aumento en el nivel de enseñanza, en cuanto a absorción de conocimiento y desarrollo de habilidades kinestésicas en los docentes.

Según lo expuesto en los párrafos anteriores, y evidenciado en los cuadros y figuras del capítulo V, se cumple con el objetivo principal del actual trabajo de investigación.

Palabras clave: Procesos de soldadura, realidad virtual, simulación, costos operativos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en forma especial a la Célula Madre que sostiene al universo: la infinita e indescriptible sabiduría del Ser Eterno; y no importa el nombre que se le dé, pues jamás podrá humano alguno pronunciar algún término con el cual se abarque lo que Él es.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento especial para la madre del hijo de Dios, cuyo corazón debe ser aún más grande que su vientre, pues en su vientre virginal albergó al más perfecto de los hombres, mientras que en su corazón alberga hasta a los seres más indignos de ser llamados hombres.

EPÍGRAFES

“El ingeniero siempre se siente preocupado cuando sus planos empiezan a trocarse en piezas, en una máquina ‘viva’. ¿Qué resultará, qué aspecto tendrá? En los planos de impecable diseño todo puede estar en su sitio, mas en cuanto se hacen las piezas, ateniéndose al proyecto, en unos sitios no encajan, en otros funcionan mal”

Aleksandr Kótov (ingeniero y jugador de ajedrez soviético).

ÍNDICE GENERAL

ACTA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	I
CARTA DE ENTENDIMIENTO	II
DECLARACIÓN JURADA	III
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO	IV
RESUMEN EJECUTIVO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
EPÍGRAFES	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	4
1.4 ANTECEDENTES.....	4
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.6 LOS ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6.1 <i>Proyecciones</i>	8
1.6.2 <i>Limitaciones</i>	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES	11
<i>Soldadura en metales por medio de un arco eléctrico</i>	14
<i>Lluvia de ideas</i>	14
<i>Diagrama de Ishikawa</i>	15

<i>Multivoto</i>	15
<i>Diagrama de Pareto</i>	16
<i>FODA</i>	17
<i>Diagrama de Gantt</i>	19
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	19
2.2.1 <i>Misión y Visión</i>	20
<i>Misión</i>	20
<i>Visión</i>	20
<i>Valores institucionales</i>	21
2.2.2 <i>Antecedentes históricos</i>	22
2.2.3 <i>Ubicación geográfica</i>	22
2.2.4 <i>Estructura organizacional</i>	23
2.2.5 <i>Cantidad de empleados</i>	23
2.2.6 <i>Tipos de productos</i>	24
2.2.7 <i>Mercado de exportación</i>	24
2.2.8 <i>Descripción general del proceso productivo</i>	24
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	27
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.2.1 <i>Experimental</i>	30
3.2.2 <i>Descriptiva</i>	30
3.2.3 <i>Etnográfica</i>	31
3.3 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN	31
3.3.1 <i>Sujetos de estudio</i>	31
3.3.2 <i>Fuentes de información</i>	31
3.4 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	34
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
4.1 SECCIÓN A. GENERALIDADES DE LOS PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN	36
4.1.1 <i>Descripción general de la carrera Técnico Calificado en Construcciones Metálicas</i> ..	36
4.1.2 <i>Requisitos de ingreso</i>	38
4.1.3 <i>Lineamientos para la dirección y ejecución de programas y módulos</i>	38
4.1.4 <i>Otras disposiciones</i>	39

4.1.5	<i>Objetivos, contenidos, horas y listas de insumos requeridas</i>	39
4.1.6	<i>Soldador Industrial. Código: CM-126 1700 horas</i>	39
4.1.7	<i>Trazador Calderero Industrial. Código: CM-215 773 horas</i>	40
4.1.8	<i>Constructor Estructural Código: CM-282. 1104 horas</i>	40
4.2	SECCIÓN B. PROBLEMÁTICA ACTUAL	40
4.2.1	<i>Lluvia de ideas</i>	40
4.2.2	<i>Multivoto</i>	44
4.2.3	<i>Análisis FODA</i>	47
4.3	SECCIÓN C. IMPACTO ECONÓMICO	52
4.3.1	<i>Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW)</i>	52
4.3.2	<i>Soldadura con Arco de Tungsteno y Protección Gaseosa (GTAW)</i>	54
4.3.3	<i>Soldadura con Arco Metálico y Núcleo de Fundente (FCAW)</i>	55
4.3.4	<i>Soldadura con Arco Metálico y Protección de Gas (GMAW)</i>	57
	CAPÍTULO V. PROPUESTA	61
5.1	SECCIÓN A. PROPUESTA DE SIMULACIÓN	62
5.1.1	<i>Hardware</i>	62
5.1.2	<i>Software</i>	63
5.1.3	<i>Información teórica</i>	64
5.1.4	<i>Probetas</i>	64
5.1.5	<i>Modelos de probetas</i>	64
5.1.6	<i>Sistema de sensores</i>	65
5.1.7	<i>Sistema audiovisual</i>	66
5.1.8	<i>Sistema háptico de notificación de errores</i>	67
5.1.9	<i>Sistema de infrarrojos</i>	68
5.1.10	<i>Puesto para el docente</i>	69
5.1.11	<i>Análisis e informe de resultados</i>	69
5.1.12	<i>Integración de piezas específicas</i>	71
5.2	SECCIÓN B. CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS	75
5.3	SECCIÓN C. PLAN DE CONTINGENCIA	86
5.3.1	<i>Suspensión del fluido eléctrico</i>	86
5.3.2	<i>Deterioro involuntario de alguno de los accesorios</i>	87
	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
	CONCLUSIONES	89

RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS Y APÉNDICES	96
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS	97
8.1 <i>Definiciones de acrónimos</i>	97
8.2 <i>Definiciones de términos</i>	97
ANEXO 1: PROGRAMA DE SOLDADURA CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO (SMAW).....	99
ANEXO 2: INSUMOS REQUERIDOS PARA EL MÓDULO SMAW	107
ANEXO 3: PROGRAMA DE SOLDADURA CON ARCO DE TUNGSTENO Y PROTECCIÓN GASEOSA (GTAW)	110
ANEXO 4: INSUMOS REQUERIDOS PARA EL MÓDULO GTAW.....	116
ANEXO 5: PROGRAMA DE SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y NÚCLEO DE FUNDENTE (FCAW)	119
ANEXO 6: INSUMOS REQUERIDOS PARA EL MÓDULO FCAW	128
ANEXO 7: PROGRAMA DE SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y PROTECCIÓN DE GAS (GMAW).....	129
ANEXO 8: INSUMOS REQUERIDOS PARA EL MÓDULO GMAW	136
ANEXO 9: EJEMPLOS DE SIMULADORES	139
ANEXO 10: IMAGEN SOBRE COSTO DE UNA UNIDAD UPS	140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Cantidad de empleados por área	24
Cuadro 3.1 Variables de la investigación por objetivo específico.....	33
Cuadro 4.1 Programas que conforman la carrera y módulos requisito	38
Cuadro 4.2 Lluvia de ideas para el alto costo de ejecución	41
Cuadro 4.3 Multivoto sobre la injerencia en el alto costo	45
Cuadro 4.4 Multivoto ordenado sobre la injerencia en el alto costo	46
Cuadro 4.5 Análisis FODA para la ejecución actual de los módulos de soldeo manual.....	48
Cuadro 4.6 Matriz de estrategias según FODA	51
Cuadro 4.7 Limitantes en el proceso SMAW	53
Cuadro 4.8 Limitantes en el proceso GTAW.....	55
Cuadro 4.9 Limitantes en el proceso FCAW	56
Cuadro 4.10 Limitantes en el proceso GMAW	58
Cuadro 4.11 Resumen de los montos de ejecución en los módulos de soldeo manual	59
Cuadro 4.12 Resumen de las horas de inversión en los procesos de soldeo	60
Cuadro 5.1 Montos por consumibles con los métodos tradicionales.....	75
Cuadro 5.2 Costos por adquisición de simuladores.....	76
Cuadro 5.3 Costos operativos por depreciación de los simuladores.....	76
Cuadro 5.4 Montos invertidos por consumibles con el método tradicional	77
Cuadro 5.5 Monto por invertir en simuladores	77
Cuadro 5.6 Comparativo de montos por consumibles y ahorro por adquisición de simuladores.....	78
Cuadro 5.7 Resumen en millones de colones de ambos métodos	79
Cuadro 5.8 Comparativo del porcentaje de depreciación por hora	80
Cuadro 5.9 Comparativo del porcentaje de depreciación por seis módulos.....	80
Cuadro 5.10 Comparativo de porcentaje por módulo	80
Cuadro 5.11 Comparativo de costos	81
Cuadro 5.12 Cálculo de retorno de la inversión.....	82
Cuadro 5.13 Flujo de inversiones del proyecto.....	83
Cuadro 5.14 Cálculo de VAN y TIR	83
Cuadro 5.15 Indicadores financieros que arroja el proyecto	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ejemplo de un diagrama de Pareto	17
Figura 2.2 Ejemplo de la matriz de FODA	19
Figura 2.3 Organigrama del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica	23
Figura 2.4 Diagrama de flujo del proceso general	25
Figura 4.1 Diagrama de flujo con los programas de la carrera y su orden de ejecución	37
Figura 4.2 Diagrama de Ishikawa de los factores para el alto costo de ejecución.....	42
Figura 4.3 Diagrama de Pareto sobre la injerencia de los altos costos.....	47
Figura 4.4 Montos de ejecución en los módulos de soldeo manual	59
Figura 4.5 Gráfico sobre horas subutilizadas en los procesos de soldeo.....	60
Figura 5.1 Imagen de un simulador para soldadura.....	63
Figura 5.2 Imagen de diversas probetas para soldadura	65
Figura 5.3 Imagen de los sensores del sistema.....	66
Figura 5.4 Imagen de los sensores del sistema.....	67
Figura 5.5 Imagen de un sistema háptico.....	68
Figura 5.6 Imagen de un sistema de infrarrojos.....	68
Figura 5.7 Imágenes de defectos en las soldaduras.....	70
Figura 5.8 Imágenes de piezas específicas.....	71
Figura 5.9 Planos originales de los talleres de construcciones metálicas	72
Figura 5.10 Croquis de los talleres para el adiestramiento con el método actual.....	73
Figura 5.11 Croquis de talleres para el adiestramiento según la propuesta	74
Figura 5.12 Resumen de los montos de inversión en consumibles	76
Figura 5.13 Gráfico demostrativo del ahorro.....	78
Figura 5.14 Gráfico comparativo de consumo por proceso.....	79
Figura 5.15 Comparativo de costos por hora.....	81
Figura 5.16 Gráfico sobre el retorno de la inversión	82
Figura 5.17 Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta	85
Figura 5.18. Imagen de una unidad de energía ininterrumpida.....	87
Figura 8.1 Ilustración sobre las posiciones de soldadura según AWS	98
Figura 8.2 Ilustración de un simulador para soldadura 01	139
Figura 8.3 Ilustración de un simulador para soldadura 02	139
Figura 8.4 imagen de unidad UPS.....	140

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA

Este trabajo de investigación se lleva a cabo en los módulos de capacitación en soldadura manual, los cuales son algunos de los componentes del programa Soldador Industrial, el cual, junto con otros programas, son a su vez componentes de la carrera técnica Técnico Calificado en Construcciones Metálicas. Esta carrera técnica es impartida por los docentes del Departamento de Construcciones Metálicas del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica, en los diferentes centros de formación, ubicados en distintas zonas del territorio nacional. Este departamento asesora, fiscaliza y brinda seguimiento a toda la carrera en sus diversas etapas.

Entre las posibles causas de este problema actual, están: la capacitación de soldadores que cumplan con los estándares de calidad exigidos en el sector productivo industrial es una tarea demandante de tiempo y dinero, pues la inversión de efectivo en la adquisición de materiales consumibles para ser utilizados en el entrenamiento de los discentes, es alta para cualquier entidad educativa; además, estos insumos consumibles, una vez utilizados, se desechan como desperdicios metálicos por carecer de valor para ser reutilizados o reciclados.

Entre las posibles consecuencias, están: los estudiantes inexpertos o de primer ingreso invierten muchas horas de cada módulo en la preparación de las probetas necesarias (secciones metálicas de placas, ductos o estructuras metálicas, con las respectivas dimensiones estipuladas, biseles y acabados) para ejecutar sus prácticas en los diferentes procesos de soldeo manual; ese tiempo podría invertirse en adquisición de conocimientos teóricos o en más ejercicios prácticos, a fin de mejorar su expertiz en los procesos de soldadura manual.

Otro factor fundamental es el alto riesgo de accidentes laborales provocados por la inexperiencia e ignorancia de los estudiantes de recién ingreso; por lo anterior, se determina que los programas andragógicos basados en el uso de simuladores de realidad virtual se muestran como una excelente opción de aprendizaje de este oficio, porque sus resultados son contundentes en cuanto a la reducción de costos financieros y de tiempo.

Por lo tanto, se realiza un estudio comparativo de costes económicos para efectuar un cotejo entre la inversión de los insumos consumibles en los actuales métodos de

capacitación a los educandos, quienes se matriculan en los diversos centros de formación para entrenarse como técnicos en procesos de soldeo manual, y la reducción de inversión monetaria llevando a cabo estas capacitaciones mediante simuladores de realidad virtual. También se coteja el tiempo invertido en la preparación de probetas y la utilización de ese tiempo en la adquisición de conocimientos teóricos o mayor expertiz.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos de soldeo manual exigen un alto nivel de habilidad por parte de quien los ejecuta, al ser una destreza que demanda la correcta coordinación de las manos, la vista y el oído; y como tal, requiere que sus ejecutores estén entrenados para un estándar determinado. Este tipo de adiestramiento implica inversión de tiempo, dinero y talento. Desde las épocas en que se inventan los diferentes procesos de soldeo manual modernos, los innovadores exploran nuevas formas de aumentar la efectividad de su entrenamiento.

La manera más sencilla de evaluar la cantidad de aprendizaje que tiene lugar durante el curso de un programa de capacitación es medir el desempeño antes de la capacitación y compararlo con las medidas de desempeño después de que se haya realizado la capacitación. A menudo, el rendimiento del entrenamiento se mide tanto en términos de tiempo de operación como de precisión o cumplimiento de los requisitos normados, para la correcta calidad de un depósito de soldadura; estas mediciones se pueden traducir en razón de la efectividad del entrenamiento, lo cual permite la comparación entre las condiciones de entrenamiento.

En la actualidad, la capacitación en realidad virtual basada en computadoras y los diversos sistemas de preparación generan gran interés porque tienen el potencial de reducir los costos de adiestramiento; sin embargo, el ahorro de costos solo es beneficioso si el resultado es una persona calificada como competente en soldeo manual, quien es capacitada de forma oportuna.

1.3 HIPÓTESIS

La capacitación integrada en la realidad virtual daría lugar a resultados superiores de la capacitación, en comparación con los métodos tradicionales, pues el uso de un sistema de realidad virtual de última generación llevaría a un aumento en los niveles de interacción y aprendizaje en equipo, y considerable reducción de riesgos de accidentes en los talleres destinados a las prácticas de soldeo; además la capacitación en soldadura realizada con tecnología de realidad virtual integrada sería significativamente menos costosa que la capacitación con métodos tradicionales.

1.4 ANTECEDENTES

El primer antecedente se encuentra en el Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y de Fabricación de la Universidad del Estado de Iowa, Richard T. Stone, Kristopher Watts y Peihan Zhong llevan a cabo una evaluación científica del potencial de capacitación, la rentabilidad y la implicación para el aprendizaje eficaz en equipo, utilizando la realidad virtual integrada al entrenamiento de soldadores.

De esta publicación se desprende que la capacitación en la industria de la soldadura es una tarea crítica y a menudo de muy alto costo. En ese trabajo se examina el potencial de capacitación, el aprendizaje en equipo, el consumo de materiales y las implicaciones de costos financieros en el uso de la tecnología de realidad virtual integrada, como parte importante de la capacitación en soldadura. En esa evaluación 22 participantes son capacitados utilizando uno de los métodos de entrenamiento tradicional para soldadores y entrenamiento integrado de realidad virtual.

Los resultados demuestran que los estudiantes capacitados con 50 % de realidad virtual obtienen resultados de capacitación muy superiores a aquellos entrenados con los métodos tradicionales en cuatro calificaciones de distintas posiciones de soldeo: 2F, 1G, 3F, 3G¹; también, el grupo entrenado con realidad virtual demuestra niveles significativamente más altos de interacción en el equipo.

Lo anterior los conduce a un mayor aprendizaje basado en el equipo y el impacto del costo de materiales consumibles usados por el grupo capacitado con realidad virtual es

¹ Ver el glosario de términos en el apéndice 1.

mucho menor que el del grupo preparado con métodos tradicionales, aunque ambas capacitaciones se realizan durante el mismo período completo de dos semanas.

El segundo antecedente está relacionado con el método de simulación con realidad virtual de Fronius, se redefinen los estándares de formación para soldadores ya que con el uso de simuladores de soldadura, los cuales se pueden adaptar a los requerimientos de cada cliente, los soldadores principiantes y expertos por igual pueden concluir módulos de formación y aprender cómo soldar o mejorar sus destrezas de forma eficaz y segura, a la vez que se conservan los recursos útiles ya existentes.

La realidad virtual para preparación de soldadores ofrece a los principiantes la oportunidad de aprender procesos de soldeo, paso a paso, en ejercicios por separado, a fin de desarrollar paulatinamente la intuición técnica necesaria para ajustar parámetros equipados con una antorcha de soldadura, casco o máscara y guantes, llevando a cabo tareas de soldadura virtual en una serie de piezas de trabajo, sin las limitaciones impuestas por dispositivos de seguridad o equipos de soldadura faltantes.

Con la simulación de realidad virtual para entrenamiento de todas aquellas personas que desean capacitarse o simplemente mejorar su destreza y expertiz, las organizaciones no solo se benefician de contar con empleados que tienen la formación óptima, sino que el proceso virtual también genera enormes ahorros de materiales y recursos (Fronius, s.f.).

En la actualidad uno de los métodos más relevantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en general, en las industrias que aportan al producto interno bruto y adelanto en infraestructura de países desarrollados y en vías de desarrollo, es la soldadura y sus tecnologías; por tanto, es responsabilidad de las empresas fabricantes de productos soldados comprobar que la calidad de sus productos esté en conformidad con los requerimientos del cliente y lo establecido en códigos y especificaciones para soldadura.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, se infiere la responsabilidad inherente de cualquier institución educativa, dedicada a la capacitación y entrenamiento de personas físicas, en su desarrollo de las destrezas manuales, para los diversos procesos de soldeo manual industrializado; por esta razón, un primer paso para asegurar la calidad

de las personas egresadas como soldadores calificados y garantizar ante las industrias dedicadas al subsector de construcciones metálicas la idoneidad en las habilidades de dichos soldadores, es aplicando procedimientos de entrenamiento para el desarrollo de la expertiz necesaria para soldar.

Asimismo, estos procedimientos deben garantizar la compatibilidad del metal de soldadura depositado con el metal base utilizado; por ende, los soldadores egresados de esas instituciones educativas deben ser capaces de ejecutar los depósitos de soldadura acorde con el procedimiento de soldadura especificado, lo cual genera consecuentemente la confiabilidad y buen nombre de la entidad educativa, cuyo objetivo es insertar técnicos en construcciones metálicas al mercado laboral de la industria metalmeccánica, especializados en los procesos de soldadura manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW².

No obstante, existen antecedentes (Niebles y Arnedo, 2008; SENA, 2006) que demuestran que en las empresas del sector metalmeccánico afines con la soldadura, hay desconocimiento y poca evaluación e investigación de las tecnologías de soldadura, así como ingenieros con poco conocimiento del área de la soldadura que ocupan los cargos de supervisores e inspectores de control de calidad en esta área, y carencia de metodologías que faciliten el desarrollo y aseguramiento de la calidad de sus productos soldados.

Por tanto, es responsabilidad de todas las instituciones educativas de nivel técnico, aplicar y dar seguimiento a los procedimientos antes mencionados, a fin de asegurar la optimización en la calidad de las destrezas y conocimientos de quienes se egresan como técnicos en construcciones metálicas, con muy buena especialización en procesos de soldeo manual, con lo cual se facilita la integración de la teoría y la práctica de la soldadura, potenciando en el egresado la autonomía, la creatividad y la construcción de su propio criterio técnico en esta área.

Por lo expuesto, el presente trabajo plantea una propuesta de enseñanza dentro del contexto de formación por competencias de las tecnologías de soldadura, la cual integra al estudiante egresado del área de metalmeccánica, concretamente del subsector de construcciones metálicas, del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica,

² Ver el significado de acrónimos en el apéndice 1.

con el sector productivo industrial de Costa Rica, tomando como base el aprendizaje por proyectos y estrategias conexas, y a la vez expone una metodología idónea para la aplicación y evaluación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores, desde la perspectiva del control y aseguramiento de calidad, resultado del proceso mismo de enseñanza en el aula-taller.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Proponer el entrenamiento en realidad virtual mediante simulación, en los programas de capacitación de los procesos de soldadura manual, impartidos en el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica, para reducir los costos asociados al proceso.

1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el entorno y los costos asociados actuales incurridos por el Instituto para la ejecución de los módulos de aprendizaje en procesos de soldeo manual.
- Establecer las condiciones mínimas requeridas para llevar a cabo el entrenamiento en realidad virtual mediante la propuesta de simulación.
- Cuantificar los beneficios de la tecnología disponible para el entrenamiento y capacitación de discentes en los procesos de soldeo manual mediante la propuesta de simuladores de realidad virtual.

1.6 LOS ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante esta investigación, se busca presentar una propuesta de mejora para reducir la actual inversión en insumos consumibles, adquiridos por el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica y destinados para el aprendizaje y desarrollo de experiencia de los estudiantes que se matriculan en los diferentes centros de formación en los cuales opera este instituto, los cuales se ubican en distintas regiones del territorio nacional, para prepararse como soldadores e ingresar como colaboradores a las diversas organizaciones del subsector productivo nacional de construcciones metálicas.

Además, se pretende señalar el aumento productivo del aprendizaje al disminuir los tiempos muertos del factor de operación³.

1.6.1 Proyecciones

El trabajo de estudio se desarrolla en el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, concretamente en los módulos de adiestramiento en los procesos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW, los cuales son componentes del programa Soldador Industrial, que es parte indispensable de la carrera técnica: Técnico Calificado en Construcciones Metálicas.

La proyección de mayor relevancia -en caso de que la institución tome la decisión de implementar esta propuesta de mejora, a saber, brindar las capacitaciones de los procesos de soldadura manual mediante la utilización de simuladores de realidad virtual, lo cual se formula en el capítulo cinco de este trabajo- es la reducción de costes financieros invertidos actualmente en la adquisición de insumos consumibles, los cuales están desglosados en el capítulo cuarto de esta investigación; empleándose más bien para la adquisición de las nuevas tecnologías que facilitarían los procesos de enseñanza.

1.6.2 Limitaciones

Entre las limitaciones para esta investigación, está la imposibilidad de cuantificación de algunos costes financieros involucrados directamente en la ejecución de los módulos de capacitación en los procesos de soldadura manual; entre dichos costes, se encuentran: consumo de energía eléctrica y agua potable, servicios de limpieza y seguridad, recolección de desechos de los insumos consumibles, depreciación de equipos y herramientas e impresión de material didáctico.

En cuanto a electricidad y agua potable, se debe a la disposición de los instrumentos utilizados para la medición de la energía eléctrica y agua potable, pues cada uno de los centros de formación en los cuales el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica ejecuta estos adiestramientos para los procesos de soldeo manual cuenta solo con un instrumento de medición para el agua potable y otro para la energía

³ Ver definición en el apéndice 1.

eléctrica; por esta razón, surge la imposibilidad de determinar el costo de cada uno de esos insumos, utilizados en los entrenamientos de soldadores.

También, se imposibilita la cuantificación de los salarios de oficiales de seguridad y del personal de los servicios de limpieza, utilizados en las instalaciones de los centros; salarios de los colaboradores de los almacenes y conductores de vehículos, encargados de la preparación, transporte y entrega de los paquetes de insumos consumibles para cada módulo; salarios del personal administrativo de los diversos centros de formación, quienes están involucrados directa o indirectamente con el control y seguimiento necesario para la ejecución de cada módulo.

Respecto a la recolección de desechos de los insumos consumibles (principalmente desechos metálicos), su costo incluye la recaudación de equipos y artículos informáticos, reutilizables o reciclables; además de los desechos de otro tipo de materiales no valorizables. Esta recolección la efectúan diversas empresas en cada uno de los centros de formación, de ahí la gran dificultad de contabilizar el monto correspondiente para los desechos metálicos, consecuencia de las prácticas llevadas a cabo por los discentes en cada uno de los módulos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW.

En el caso del monto financiero, relacionado con el rubro depreciación de equipos y herramientas, se dificulta su estimación por tratarse de equipos y herramientas utilizados también para instruir a las personas estudiantes matriculadas en módulos correspondientes a otras áreas, diferentes a los procesos de soldeo manual antes mencionados y los datos registrados en los departamentos de contabilidad de los diferentes centros de formación son generales.

En cuanto a los costes económicos por impresión de material didáctico, los datos registrados revelan montos generales por impresión de folletos y libros de diferentes temas, distintas áreas y muy diversa cantidad de páginas; por lo tanto, se considera un rubro difícil de estimar.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Ausburn y Ausburn (2004) explican en cuanto a las herramientas ingenieriles:

El uso de las tecnologías visuales para la enseñanza y el aprendizaje en la educación industrial ha producido extensiones dramáticas de las conferencias, demostraciones y experiencias prácticas que alguna vez fueron tradicionales (...) las tecnologías visuales han mejorado la preparación de los especialistas y técnicos de la fuerza laboral al incorporar a las aulas y laboratorios una amplia gama y profundidad de realismo que ha mejorado la comprensión, aumentado el rendimiento de aprendizaje y reduciendo el tiempo de entrenamiento. De vez en cuando, sin embargo, llega una tecnología de entrenamiento que hace que nos demos cuenta de que 'esto lo cambia todo'. Una tecnología de este tipo es la realidad virtual (VR) (p. 33).

La tecnología moderna de sistemas informáticos evoluciona hasta el punto de tener en algunos sistemas de realidad virtual, la capacidad de presentar escenarios inmersivos de alta fidelidad. Lo anterior debido a los avances en los diseños y adaptaciones de circuitos electrónicos, modernizando la capacidad de reproducción de gráficos, junto con la propiedad de lograr movimientos kinestésicos reales; consiguiendo en las tecnologías de desplazamiento magnético, el permitir seis movimientos de profundidad de campo.

Estos aspectos de los simuladores actuales de realidad virtual para soldadura posibilitan a los usuarios utilizar el aprendizaje kinestésico y cognitivo de una manera nunca antes disponible en el entorno virtual; asimismo, algunos de estos sistemas ayudan a los discentes a trabajar en equipo con la debida y constante supervisión del docente a cargo del módulo de capacitación en soldadura. Este tipo de sistema virtual fomenta aún más la interacción basada en el equipo y el aprendizaje entre los estudiantes, al proporcionar un nivel de realismo y realimentación kinestésica adecuada.

Se vive en un mundo internacionalizado, de globalización de la economía y de libre comercio, donde existe una elevada competencia desde el exterior, y la necesidad de encontrar nuevos mercados en otros países. Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura, son recomendados para su aplicación en las industrias metalmecánicas, afines con la tecnología de soldadura, dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado, con óptima calidad, debido a sus exigencias tecnológicas y son la documentación básica que rige y guía la práctica de soldadura aplicables para: i) fabricar productos soldados que cumplan con la calidad y seguridad del trabajador requerida, ii) suministrar una real y razonable protección a la vida, la propiedad y el medio ambiente (Niebles y Arnedo, 2008).

La capacitación es un aspecto relevante para todo el personal de cualquier industria, pues es muy necesario en los empleados el estar correctamente equipados con las habilidades y los conocimientos requeridos para sus labores diarias, pero también para mantener una ventaja competitiva. La inversión en capacitación para cualquier organización puede ser costosa y, por lo tanto, es transcendental considerar soluciones apropiadas, confiables y flexibles para conseguir cambios positivos y provechosos, tanto para la empresa como para sus colaboradores, en concordancia con los entornos competitivos actuales.

Según parece, el aumento en los ambientes competitivos empresariales de la cuarta revolución industrial, o industria 4.0, presiona a todas las entidades educativas de nivel técnico para minimizar sus costos en capacitación y entrenamiento de sus estudiantes por egresarse y, en consecuencia, a mejorar la calidad de la capacitación proporcionada; por eso, la realidad virtual y los entornos virtuales creados recientemente tienen el potencial de abordar esta necesidad.

Esta realidad virtual atrae mucha atención debido a su potencial para aumentar los estándares de los programas de capacitación y proporcionar beneficios adicionales al proceso de aprendizaje, mientras se logra a su vez la minimización de los gastos generales. Además, según se considera -como consecuencia de la creciente confusión de las tecnologías que cambian rápidamente-, es importante mantener una fuerza

laboral competente y, para obtenerlo, los métodos de capacitación existentes en las diversas entidades educativas pueden mejorarse en términos de costo, efectividad, inversión de tiempo y calidad, mediante el uso de medios informáticos virtuales.

La variedad de beneficios que la realidad virtual puede proporcionar a las aplicaciones de capacitación para la industria es amplia; en primer lugar, el uso de un entorno virtual puede diseñarse para recrear un escenario que, de lo contrario, no puede recrearse en una situación real, ya sea debido al costo económico, el riesgo, la tarea en cuestión -la cual puede ser destructiva- o la disponibilidad de recursos; los escenarios pueden representar entornos tridimensionales reales y abstractos, permitiendo la familiarización en la capacitación, sin riesgos para los discentes y a un costo mucho menor.

En principio, puede comprometer los diferentes sentidos del aprendiz y, por ende, esencialmente brinda la experiencia del entorno de aprendizaje de una manera similar al entorno de trabajo real. Los objetos virtuales pueden ser capaces de comportarse como lo harían en el mundo real; el practicante puede activarlos directamente y de modo virtual puede ejercitar la habilidad deseada y recibir realimentación instantánea sobre las consecuencias de sus acciones, lo cual es muy útil para reforzar el entrenamiento, sin incertidumbre ni lesiones.

Los programas informáticos para realidad virtual tienen el potencial de proporcionar información adicional, mientras que otras herramientas de capacitación más tradicionales no pueden hacerlo; por ejemplo, pueden admitir el aprendizaje a distintos niveles, desde principiantes hasta expertos calificados, al proporcionar mayor número de ejercicios, con diversos grados de complejidad, en función del nivel de comprensión del ejecutante. Cabe destacar que los programas informáticos para realidad virtual no están restringidos en una forma predefinida, como en el caso de los videos o las animaciones.

Por lo tanto, el practicante puede probar varios métodos para reproducir los mismos resultados; se puede continuar con la ejecución, generar registros automáticos para monitorear el progreso y diseñar un sistema para proporcionar realimentación al usuario durante la interacción. Los entornos virtuales también pueden proporcionar la capacidad de mostrar y visualizar factores invisibles en la realidad, por ejemplo, diversas fuerzas mecánicas y de viento; esto puede permitir al usuario comprender mejor las razones por

las cuales se manifiestan determinados resultados en los procesos de soldadura manual.

La capacidad de visualizar elementos o factores invisibles, mismos que no se detectan en el entrenamiento tradicional, puede ayudar al ejecutante a comprender el efecto causado por estos y, así, a comprender cómo afectan específicamente a una tarea en particular, y desde luego el potencial para aprender a usar estos programas informáticos de realidad virtual es realmente innovador y efectivo, porque las habilidades específicas se pueden ejercitar y observar desde diferentes puntos de vista y la información obtenida puede presentarse de manera significativa y concreta, además la experiencia en sí misma puede ser la base para la discusión de grupo en el aula.

Soldadura en metales por medio de un arco eléctrico

Se define como un proceso mediante el cual, utilizando un flujo de electricidad en un corto circuito controlado (salto del flujo de electricidad en un espacio de pocos milímetros en el aire, formando una columna de gas ionizado, denominado plasma o cuarto estado de la materia), se logra la fusión de los metales base y de un metal de aportación, pues los cambios de estado de los metales, provocados por la energía calórica, permiten la coalescencia o fusión entre ellos, cuyo resultado se denomina unión soldada.

Lluvia de ideas

Se trata de una herramienta de trabajo grupal, la cual facilita el surgimiento de nuevas opiniones sobre un tema determinado; de este modo, es una técnica para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta es creada en el año 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resulta en un proceso interactivo de grupo no estructurado, el cual genera más y mejores ideas que trabajando de forma independiente, dando oportunidad de surgir sobre un determinado asunto, aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

Esta herramienta debe utilizarse cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad en los equipos de trabajo.

- Generar un número extenso de opiniones.
- Involucrar oportunidades de mejora.

Por tanto, es un instrumento que posibilita:

- Plantear y resolver los problemas existentes.
- Plantear posibles causas.
- Plantear soluciones alternativas.
- Desarrollar la creatividad.
- Discutir conceptos nuevos.
- Superar el conformismo y la monotonía.

Diagrama de Ishikawa

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables de intervención en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama en el cual se muestran gráficamente las entradas, el proceso y las salidas de un sistema (causa-efecto), con su respectiva realimentación, para el subsistema de control. Este diagrama debe su nombre en reconocimiento a Kaoru Ishikawa, ingeniero japonés, quien lo introduce y populariza con éxito en el análisis de problemas en 1943 en la Universidad de Tokio.

Este diagrama se utiliza principalmente para:

- Analizar las relaciones entre las causas y los efectos generadores de un problema.
- Comunicar estas relaciones entre esos dos factores.
- Facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

En este diagrama se representan los principales factores de afectación, como líneas principales, para la característica de calidad en estudio, y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta quedar representados todos los factores factibles de ser identificados.

Multivoto

Técnica grupal, cuyo propósito es reducir la lista de opiniones generadas en la lluvia de ideas. Se busca la idea más conveniente, urgente, menos costosa, más accesible, etc.

Procedimiento:

- Se deben numerar todos los ítems o ideas.
- Se deben elegir por votación individual.
- Se deben seleccionar los más votados.

Diagrama de Pareto

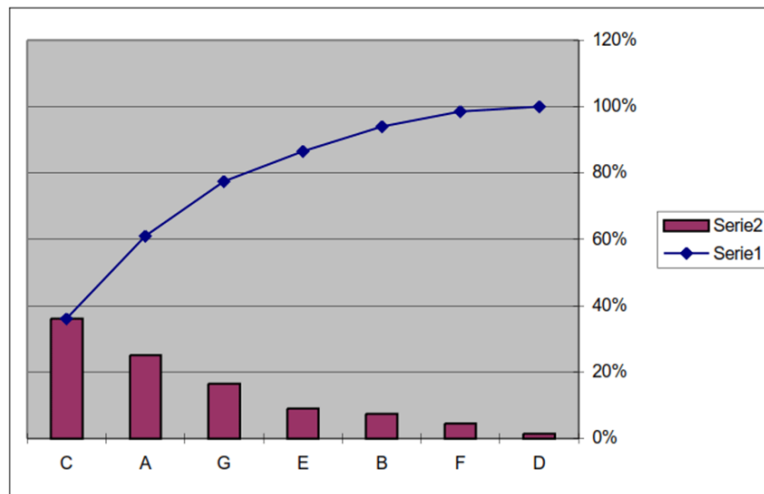
Se trata de una gráfica en la cual se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha, por medio de barras sencillas, después de haber reunido los datos para clasificar las causas, de modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

De esta manera, se pueden detectar los problemas de mayor relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), lo cual demuestra los pocos factores que requieren de mayor atención, mientras los muchos triviales carecen de injerencia en la gravedad de la situación, y generalmente esto significa que el 80 % de los resultados totales se origina en el 20 % de los elementos.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente, en una sola revisión, tales minorías de características vitales, a las cuales es necesario prestar atención y, así, utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva, sin malgastar esfuerzos. A este concepto también se le conoce como la regla 80/20.

En relación con los estilos gerenciales de resolución de problemas y toma de decisiones (conservador, bombero, oportunista e integrador), se observa cómo la utilización de esta herramienta puede resultar una alternativa excelente para un gerente de estilo bombero, quien constantemente a la hora de resolver problemas solo “apaga incendios”, es decir, pone todo su esfuerzo en los “muchos triviales”.

Figura 2.1 Ejemplo de un diagrama de Pareto



Fuente: Sales, 2002

FODA

Al momento de enfrentar un nuevo proyecto, se deben analizar los pros y contras, lo cual permite pronosticar a futuro, apoyándose en los factores del presente. La herramienta consiste en una tabla de doble entrada, en cuyas columnas se muestran los factores externos a la organización: sus oportunidades y amenazas; mientras en las filas se contemplan los factores internos de la organización: sus fortalezas y debilidades.

De acuerdo a este orden, se registran las circunstancias pertenecientes a cada una de las categorías para luego, en la intersección de filas y columnas, definir las estrategias idóneas, con el objetivo de abordar cada una de sus combinaciones. Un FODA debe iniciarse con la mejor información posible, totalmente actualizada, específica y proveniente de los expertos de la organización, en cada una de las áreas.

Análisis externo

Las oportunidades son todo aquello que pueda suponer una ventaja competitiva para la empresa, o representar una posibilidad para mejorar la rentabilidad de la misma o aumentar la cifra de sus negocios. Por su parte, las amenazas se definen como toda fuerza del entorno que puede impedir la implantación de una estrategia, disminuir su efectividad, incrementar los riesgos de la misma o los recursos que se requieren para su implantación, o reducir los ingresos esperados o su rentabilidad.

Análisis interno

En este apartado, se examinan los factores que conciernen a la propia organización y se concentran en el análisis de las fortalezas y las debilidades de la misma, como pueden ser la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros. Para realizar el análisis interno de una organización, deben aplicarse diferentes técnicas con el propósito de identificar dentro de la compañía aquellos atributos que le posibilitan generar una ventaja profesional sobre el resto de sus competidores.

Se entiende por fortalezas o puntos fuertes a los elementos o actividades que suponen a la organización un mejor posicionamiento en el mercado ante sus competidores; se trata, pues, de capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas profesionales, las cuales deben y pueden servir para explotar oportunidades. Al momento de definir las fortalezas de la organización, se deben vislumbrar aquellas ventajas técnicas de la compañía sobre sus competidores.

Además, se debe conocer cuál es el valor añadido aportado por los recursos de la organización que aumenta la competitividad de la misma, cuáles son los factores en los que se desempeña mejor la organización y cuál es su situación en el sector y en el mercado en el que se sitúa. Las debilidades o puntos débiles son, por el contrario, las actividades o elementos que hacen a la organización potencialmente vulnerable ante las variaciones del entorno en el cual se mueve o ante sus competidores.

Son barreras para lograr la buena marcha de la organización, aspectos limitantes o reductores de la capacidad de desarrollo efectivo en la estrategia de la empresa. Constituyen una amenaza para la organización y deben, por tanto, ser controlados y superados, desarrollando una adecuada estrategia; para ello, se deben tener en cuenta los aspectos en los cuales es mejor la competencia y en cuáles aspectos no es fuerte la empresa, cuáles elementos se ejecutan mal y cómo podría evitarse esto, qué se debería mejorar, qué percibe la gente del mercado como una debilidad, qué factores reducen las ventas, entre otros (Carrizo, 2017).

Figura 2.2 Ejemplo de la matriz de FODA



Fuente: Visión Industrial, 2017

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta que permite modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Esta herramienta es inventada por Laurent Gantt en 1917.

Debido a la relativa facilidad de lectura de los diagramas de Gantt, esta herramienta es utilizada por casi todos los directores de proyecto en diversos sectores.

El diagrama de Gantt posibilita al director de proyecto realizar una representación gráfica del progreso de la misión. También es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

El Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica es una institución autónoma cuyo principal propósito radica en brindar servicios de capacitación, entrenamiento y formación profesional a todas aquellas personas mayores de 17 años que buscan integrarse al ámbito laboral costarricense a fin de mejorar sus diversas situaciones económicas.

De este modo, la institución fomenta el quehacer productivo en los sectores de metalmecánica, egresando de sus programas de formación académica, personas con alto índice de eficiencia laboral. En el cumplimiento de este propósito, en pro de

personas físicas y jurídicas, el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica pretende contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida y el desarrollo socioeconómico del país.

La globalización de la economía y de libre comercio en el mundo entero presenta el reto de elevada competencia en todos los sectores productivos, por tanto, todas las instituciones dedicadas a la capacitación y entrenamiento de personas, en las diversas áreas laborales de nivel técnico de su oferta académica, se ven obligadas a realizar grandes inversiones en equipos, herramientas e insumos consumibles para asegurar el correcto aprendizaje y el debido desarrollo de la expertiz en las personas físicas que acuden en busca de capacitación en áreas técnicas.

Ante la actual situación económica de Costa Rica, se debe visualizar cualquier forma de minimizar los costes financieros invertidos en el aprendizaje de educandos y maximizar su utilización; por esto, al entrar en la cuarta revolución industrial o industria 4.0, se presentan múltiples opciones de revolución informática, las cuales pueden ayudar en la reducción de esos costes económicos.

2.2.1 Misión y Visión

Misión

Es una institución autónoma que brinda Servicios de Capacitación y Formación Profesional a las personas mayores de 17 años, fomentando el trabajo productivo en los sectores de metalmecánica, para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida y el desarrollo socio-económico del país (Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, 2019).

Visión

“Ser una Institución educativa de calidad, accesible, flexible, oportuna e innovadora que contribuya al desarrollo de las personas físicas y al progreso económico del país” (Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, 2019).

Valores institucionales

Tolerancia

Es el respeto a las ideas, creencias o prácticas de los demás cuando son diferentes o contrarias a las propias. Puede verse como la capacidad de escuchar y aceptar a todas las demás personas, comprendiendo el valor de las distintas formas de entender la vida. El espíritu de tolerancia es el arte de ser feliz en compañía de las otras personas.

Por otra parte, Tolerancia se puede formular como un 'No estoy de acuerdo contigo, pero te dejo que lo hagas por respeto a las diferencias'. Así Hellen Keller decía: 'El mejor alcance de la educación es la tolerancia'.

Bien Común

El bien común puede entenderse como todo aquello que beneficia a la ciudadanía.

En el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, el bien común tiene que ver con las personas funcionarias, pero debe incluir también a aquellas que acuden a las aulas y talleres, a recibir una capacitación de calidad que les permita involucrarse en el mundo laboral. Lo anterior, aplica también para quienes de una u otra forma están vinculados con este Instituto: las personas egresadas, las empresarias y las organizaciones sociales.

El bien común redunda en provecho de mujeres y hombres: El bien común está siempre orientado hacia el progreso de las personas.

El accionar del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica; promueve mediante la participación de la comunidad institucional, en la definición, construcción, realización y disfrute del bien común.

Responsabilidad

La palabra responsabilidad proviene del latín 'responsum', es la habilidad que tienen las personas de responder ante determinada situación o circunstancia.

La responsabilidad es un valor que está en la conciencia de las personas, que por un lado permite reflexionar, administrar, orientar y valorar las consecuencias de los actos.

Por otro lado, posibilita establecer la magnitud de dichas acciones y afrontarlas de manera integral, siempre en pro del mejoramiento humano, ciudadano y laboral.

En el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, la responsabilidad deriva de la actitud que deben demostrar las personas funcionarias, que de manera integral cumplen con sus obligaciones y que prestan atención en lo que hacen y deciden (Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, 2019).

2.2.2 Antecedentes históricos

El Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica se crea el 18 de mayo del año 1985, con el propósito de brindar acceso educativo a miles de jóvenes de escasos recursos económicos, cuya condición no les permite el acceso a educación superior. También, su fin es lograr el apoyo necesario para el correcto desarrollo económico del país, en un enlace en el cual se adopta el modelo de sustitución de importaciones y se impone una acelerada industrialización; para conseguir este objetivo, se requería mano de obra calificada de nivel técnico, la cual no estaba muy expandida en el país.

Por ello la necesidad y premura de proporcionar un servicio público de formación profesional para aprendices y la capacitación de trabajadores en servicio, tanto del sector público como del sector privado. Desde entonces el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica es una institución aliada a las empresas del sector industrial metalmecánico de Costa Rica, en cuanto a oferta académica de nivel técnico para diferentes disciplinas prácticas del área metalmecánica.

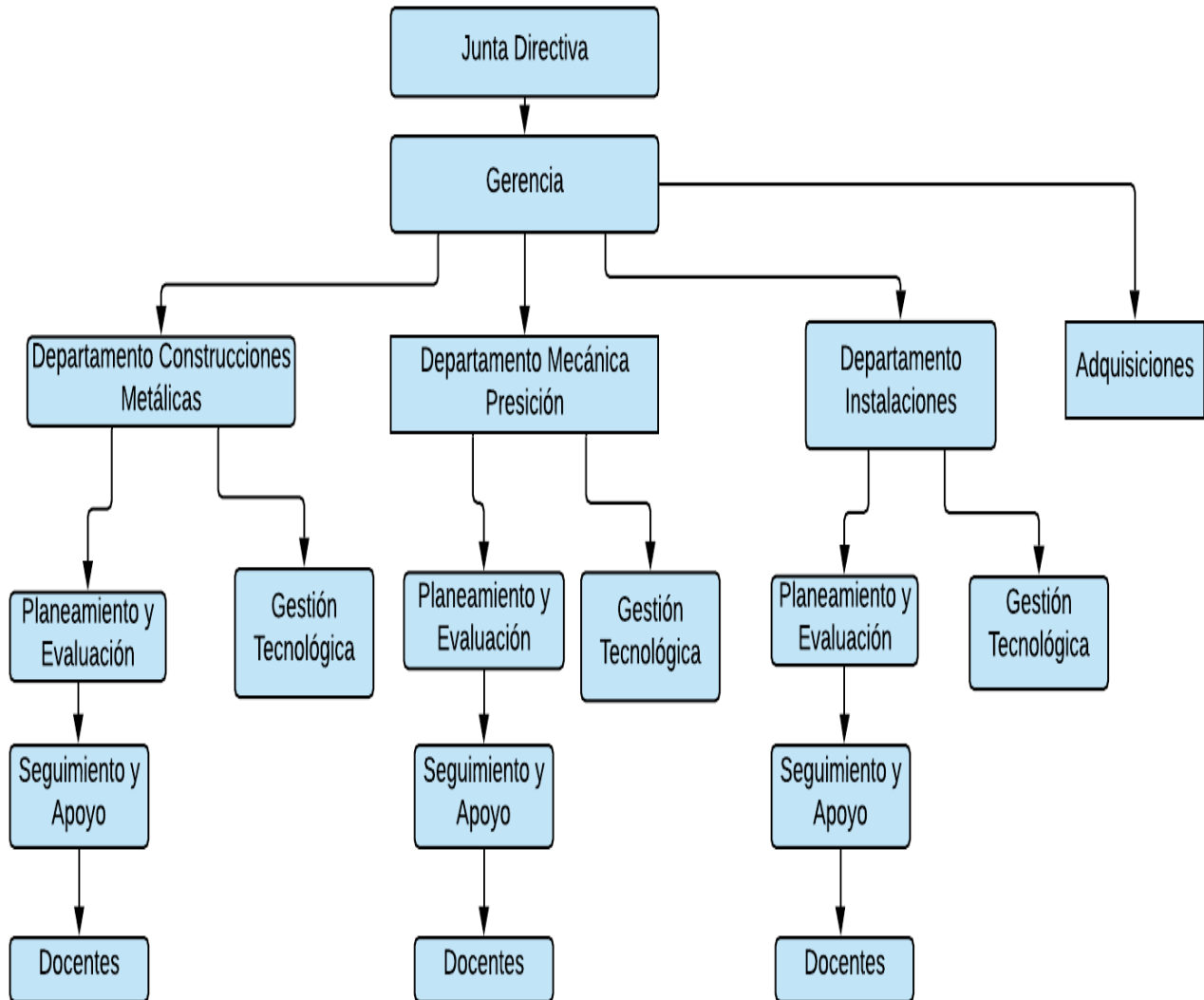
2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación física del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica consta principalmente de un centro de oficinas administrativas en San José y la permanencia del cuerpo de docentes en muchos de los centros de formación académica, distribuidos en todo el territorio nacional.

2.2.4 Estructura organizacional

La institución tiene la siguiente estructura organizacional general:

Figura 2.3 Organigrama del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica



Fuente: RR.HH., Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.1 Cantidad de empleados por área

Puesto o área	Cantidad (personas)
Junta Directiva	7
Gerencia	1
Secretarías del Instituto	15
Encargados de Seguimiento y Apoyo	6
Docentes de Construcciones Metálicas	24
Docentes Mecánica de Precisión	22
Docentes de Instalaciones	18
Total	93 personas

Fuente: RR.HH., Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica

2.2.6 Tipos de productos

Los productos o servicios ofrecidos por el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica son básicamente cursos o acciones formativas para capacitación y adiestramiento sobre construcciones metálicas, mecánica de precisión e instalación de estructuras metálicas. Estos cursos se dirigen principalmente a todas aquellas personas mayores de 17 años, interesadas en entrenarse en las áreas antes mencionadas, a fin de integrarse al ámbito laboral nacional o internacional del sector productivo de fabricación, diseño e instalación de construcciones metálicas como técnicos calificados en construcciones metálicas.

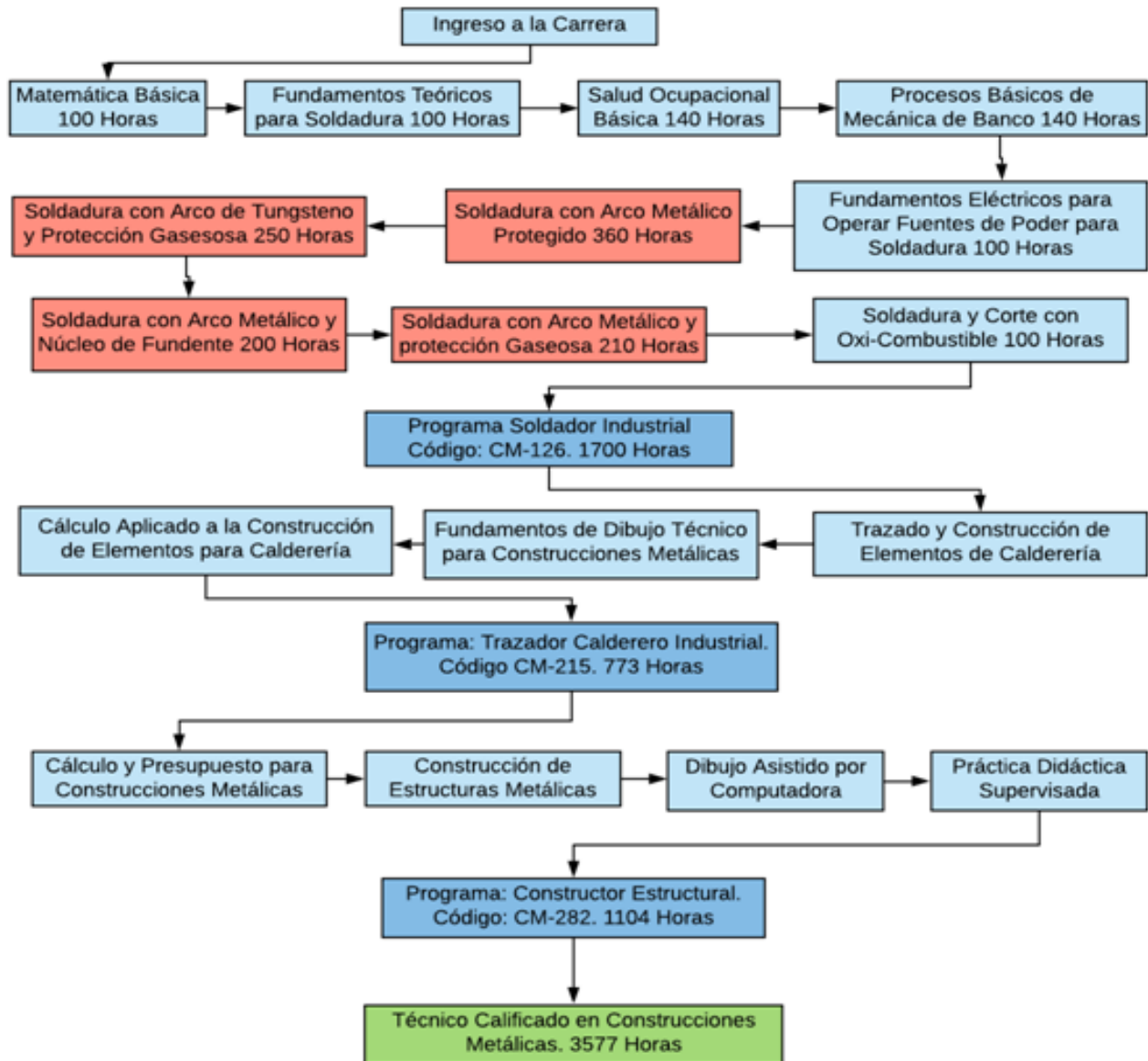
2.2.7 Mercado de exportación

La institución actualmente solo brinda sus servicios en el territorio nacional.

2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Seguidamente se muestra el diagrama de flujo del proceso general de la carrera evaluada en el presente estudio:

Figura 2.4 Diagrama de flujo del proceso general



Fuente: RR.HH., Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica

El proceso productivo, o el orden en el cual son capacitadas y entrenadas las personas que acuden a esta institución para adquirir los conocimientos y habilidades manuales de técnicos calificados en construcciones metálicas, se aprecia en la figura anterior, la cual se presenta como diagrama de flujo para exponer el orden sucesivo de todos los módulos componentes de cada uno de los programas. La disposición de este consecutivo obedece a los principios andragógicos de absorción del conocimiento y de dominio de la motora kinestésica.

En consecuencia, se considera a cada uno de esos módulos (y, por ende, a cada uno de los programas integrantes de la carrera) como predecesor de otro, el cual pueda contener algún objetivo o contenido, teórico o práctico, con requisito de mayor atención por parte del estudiante, consiguiendo con ello mayor fluidez de la permeabilidad de discernimiento y un desarrollo más flexible de la destreza sicomotora.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque es cuantitativo, no experimental, con datos descriptivos correlacionales o explicativos.

El estudio de casos utiliza una combinación de métodos: las observaciones personales, el uso de informantes para proporcionar datos actuales o históricos, las entrevistas directas, y el rastreo y estudio de documentos pertinentes y registros en poder del Gobierno local o nacional, de viajeros, etc. (Casley y Lury, 1987, p. 65).

El aprendizaje en equipo ocurre cuando múltiples individuos realizan actividades para mejorar la adquisición y el desarrollo de competencias en todos los miembros del equipo. Diversas investigaciones demuestran que los estudiantes que aprenden en situaciones de equipo tienen una tendencia más fuerte a aprender de experiencias pasadas y son más propensos a tomar decisiones sobre acciones conducentes a un desarrollo continuo, promoviendo la iniciativa y creatividad.

Esto se documenta muchas veces en diversos entornos, incluidos muchos laboratorios para clases de entidades educativas de nivel técnico. Estos salones o laboratorios con equipos de realidad virtual ofrecen el entorno perfecto para adquirir las primeras experiencias con el manejo de procesos de soldadura, pues el simulador se compone de una terminal con pantalla y una bandeja para que el usuario coloque una pieza de trabajo de plástico; gracias a la antorcha de soldadura totalmente realista, se realizan depósitos de soldadura virtuales, los cuales se muestran gráficamente en una pantalla y en tiempo real.

El practicante puede utilizar también gafas de tercera dimensión, las cuales le ofrecen una perspectiva aún más realista de su trabajo, en los procesos de soldadura manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW. Los principiantes se pueden familiarizar con los sistemas de soldadura con mayor facilidad y practicar sus habilidades, sin poner en riesgo su propia seguridad y evitando el costoso empleo de insumos consumibles como electrodos, gases industriales, piezas metálicas para las probetas, materiales de aporte e implementos de seguridad personal.

Todos estos elementos son empleados en las técnicas tradicionales de capacitación y entrenamiento; es entonces cuando gracias a un sistema de realidad virtual integrada, el cual posee una didáctica sofisticada de secuencias de ejercicios y simulaciones, se

consigue un elevado grado de motivación y un progreso más acelerado, a la vez que se reduce el tiempo invertido en preparación de materiales para probetas.

Los resultados del trabajo de soldadura se registran y se pueden analizar y evaluar posterior o directamente a través de una red de computadoras. Esto es factible porque el simulador dispone de dos sensores de movimiento, los cuales funcionan de manera coordinada: un sensor se aloja en el mando de soldadura y el otro en el soporte de las gafas de tercera dimensión; en consecuencia, la imagen generada es totalmente personalizada, en virtud de la posición de los dos sensores.

Los simuladores de realidad virtual para procesos de soldeo manual cuentan con un sistema de detección de movimiento de gran precisión, permitiendo un nivel de inmersión total para el ejecutante; por lo tanto, la soldadura virtual se puede realizar en tiempo real y con todos los utensilios y herramientas utilizados durante la experiencia real. El equipamiento es muy realista, pues es idéntico a una fuente de poder eléctrica para soldadura, en la cual se pueden regular variables como el voltaje, amperaje, velocidad de salida del alambre, tipo de corriente, polaridad, etc.

Además, los elementos periféricos contenidos como el portaelectrodo; las antorchas para los procesos GMAW, FCAW y GTAW e incluso la varilla o material de aporte, son piezas reales, las cuales son adaptadas electrónicamente para ser usadas en estos simuladores. Por lo tanto, es posible trabajar en cuatro tipos de procesos por arco eléctrico, con cinco tipos de probetas distintas, las mismas son las más utilizadas en los estándares de certificación de soldadores.

El método de evaluación por emplear es un seguimiento de tres dimensiones claves del aprendizaje y la interacción del equipo, las cuales se consideran relevantes para esta investigación: 1) búsqueda de mejora continua, esto es, el grado en el que un equipo puede aprender de experiencias previas; 2) promoción del diálogo y comunicación abierta, esto es el grado en el que se fomenta la información abierta y honesta y se lleva a cabo dentro de un equipo; y 3) aprendizaje colaborativo, se refiere al grado en el cual los miembros del equipo son vistos y catalogados como fuentes de conocimiento por el resto del equipo.

Al finalizar cada depósito de soldadura, el simulador muestra un informe telemétrico del ejercicio con porcentajes de aceptación para cada uno de los parámetros. El aspecto y

naturaleza de los cordones o depósitos de soldadura obtenidos son 100 % generados por las acciones del usuario y por la configuración del proceso de soldadura por utilizar, lo anterior sin ningún tipo de resultado predefinido o pre calculado; mientras en los métodos tradicionales, una vez concluidos los depósitos de soldadura, solo se dispone de una inspección visual, la cual puede ser muy subjetiva.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo experimental, descriptiva y etnográfica.

3.2.1 Experimental

Está integrada por un conjunto de actividades metódicas y de técnicas por realizar, para recabar la información y datos necesarios sobre el tema por investigar y el problema por resolver.

Es la alteración de una variable efectiva o varias al mismo tiempo, en un ambiente estrictamente vigilado, de esta manera se puede evaluar la razón de la ocurrencia.

Este tipo de investigación es provocada, lo cual permite la modificación de las variables en intensidad, posibilitando apreciar las causas y consecuencias de los resultados.

3.2.2 Descriptiva

Es utilizada para describir la realidad de situaciones, eventos, personas, grupos o comunidades que se estén abordando, para su respectivo análisis. Consiste en plantear lo más relevante de un hecho o situación concreta, sin limitarse a la recolección, acumulación y procesado de los datos. Se debe definir su análisis y los procesos involucrados en el mismo.

Las principales etapas por seguir en una investigación descriptiva son: examinar las características del tema por investigar, definirlo y formular hipótesis, seleccionar la técnica para la recolección de datos y las fuentes por consultar.

3.2.3 Etnográfica

También conocida como investigación cualitativa, constituye un método de investigación útil en la identificación, análisis y solución de múltiples problemas de la educación.

Este enfoque pedagógico surge en la década del 70, en países como Gran Bretaña, Estados Unidos y Australia, y se generaliza en toda América Latina con el objetivo de mejorar la calidad de la educación, estudiar y resolver los diferentes problemas que la afectan.

3.3 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

3.3.1 Sujetos de estudio

Según Barrantes (2005), la población es el “conjunto de elementos que tienen características en común. Pueden ser finitas o infinitas” (p. 135).

En este proyecto, se consideran como sujetos de estudio los factores de intervención significativos, como dinero, tiempo y causas de riesgo contra la salud y seguridad personal e institucional, invertidos en el método tradicional de capacitación y entrenamiento técnico-práctico de estudiantes para ser egresados como técnicos calificados en construcciones metálicas del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica; lo anterior en comparación a la reducción de costes económicos, tiempo y riesgos personales con la utilización de sistemas informáticos de simulación en realidad virtual integrada para procesos de soldadura manual.

3.3.2 Fuentes de información

Hernández, Fernández y Baptista (2006), citando a Dahnke, distinguen tres tipos básicos de fuentes de información e indican que estas se componen de fuentes primarias o directas, secundarias y terciarias. Las fuentes primarias o directas son aquellas que proporcionan información de primera mano, se pueden considerar los libros, las revistas, los periódicos, los artículos, las monografías y las tesis (p. 66).

Como fuentes de información primarias o directas, se utilizan los documentos en los cuales se desglosa la cantidad de horas establecidas para cada uno de los módulos

SMAW, GTAW, FCAW y GMAW, componentes del programa Soldador Industrial; y las listas de insumos consumibles o paquetes requisito de curso, correspondientes a cada uno de estos módulos. Todos estos documentos son redactados y autorizados por el personal del Departamento de Construcciones Metálicas del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, para la ejecución de los módulos antes mencionados. Además, se dispone del criterio técnico de los docentes del Instituto asignados a la ejecución de módulos integrantes de los programas de educación técnica del subsector de construcciones metálicas, a fin de categorizar los tiempos muertos según el factor de operación en la ejecución de los entrenamientos para los discentes. También se les solicita a estos docentes calificar los riesgos de accidentes presentes en cada sesión de capacitación, producto de la inexperiencia y desconocimiento de los estudiantes.

3.4 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Seguidamente, se muestra el cuadro para las variables de la presente investigación, para cada uno de los objetivos específicos.

Cuadro 3.1 Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<p>Evaluar el entorno y los costos asociados actuales, incurridos por el Instituto para la ejecución de los módulos de aprendizaje en procesos de soldeo manual.</p>	<p>Montos invertidos en adquisición de insumos necesarios para la ejecución de cada módulo de capacitación.</p>	<p>Contabilización de los montos de los insumos requeridos para cada módulo.</p>	<p>Registro detallado de las listas de materiales requisito, con sus costos unitarios.</p>	<p>Análisis cuantitativo de los costos y reflejados en gráficos de barras.</p>
<p>Establecer las condiciones mínimas requeridas para llevar a cabo el entrenamiento en realidad virtual mediante la propuesta de simulación.</p>	<p>Espacio idóneo para los simuladores dentro de los talleres de adiestramiento.</p>	<p>Definición de espacio en m², para cada educando, con su respectivo simulador.</p>	<p>División del área de cada uno de los talleres.</p>	<p>Medición y determinación del espacio, a fin de mostrar la cantidad de discentes por entrenar.</p>
<p>Cuantificar los beneficios de la tecnología disponible para el entrenamiento y capacitación de discentes en los procesos de soldeo manual mediante la propuesta de simuladores de realidad virtual.</p>	<p>Riesgos de accidentes y reducción de costos.</p>	<p>Demostración de la no existencia de peligros, al no ejecutarse labores con herramientas manuales.</p>	<p>Solicitar opiniones del criterio técnico a los docentes.</p>	<p>Observaciones, encuestas y gráficas.</p>

Fuente: Autor

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Entre las distintas técnicas e instrumentos para la recolección de la información en el presente estudio, se utilizan la observación, las entrevistas, la medición de áreas en talleres, el análisis cuantitativo de los costos (reflejados en gráficos de barras), la medición y determinación de espacio a fin de mostrar la cantidad de discentes por entrenar, entre otros.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 SECCIÓN A. GENERALIDADES DE LOS PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

Este trabajo de investigación se realiza en el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica, en los módulos de adiestramiento en procesos de soldeo manual de metales, los cuales son diseñados por el Departamento de Construcciones Metálicas para la preparación de estudiantes por egresarse como técnicos calificados en construcciones metálicas. Estas competencias son ejecutadas en los diferentes centros de formación en los cuales opera esta institución, ubicados en diversas zonas del territorio nacional y bajo la dirección del Departamento de Construcciones Metálicas.

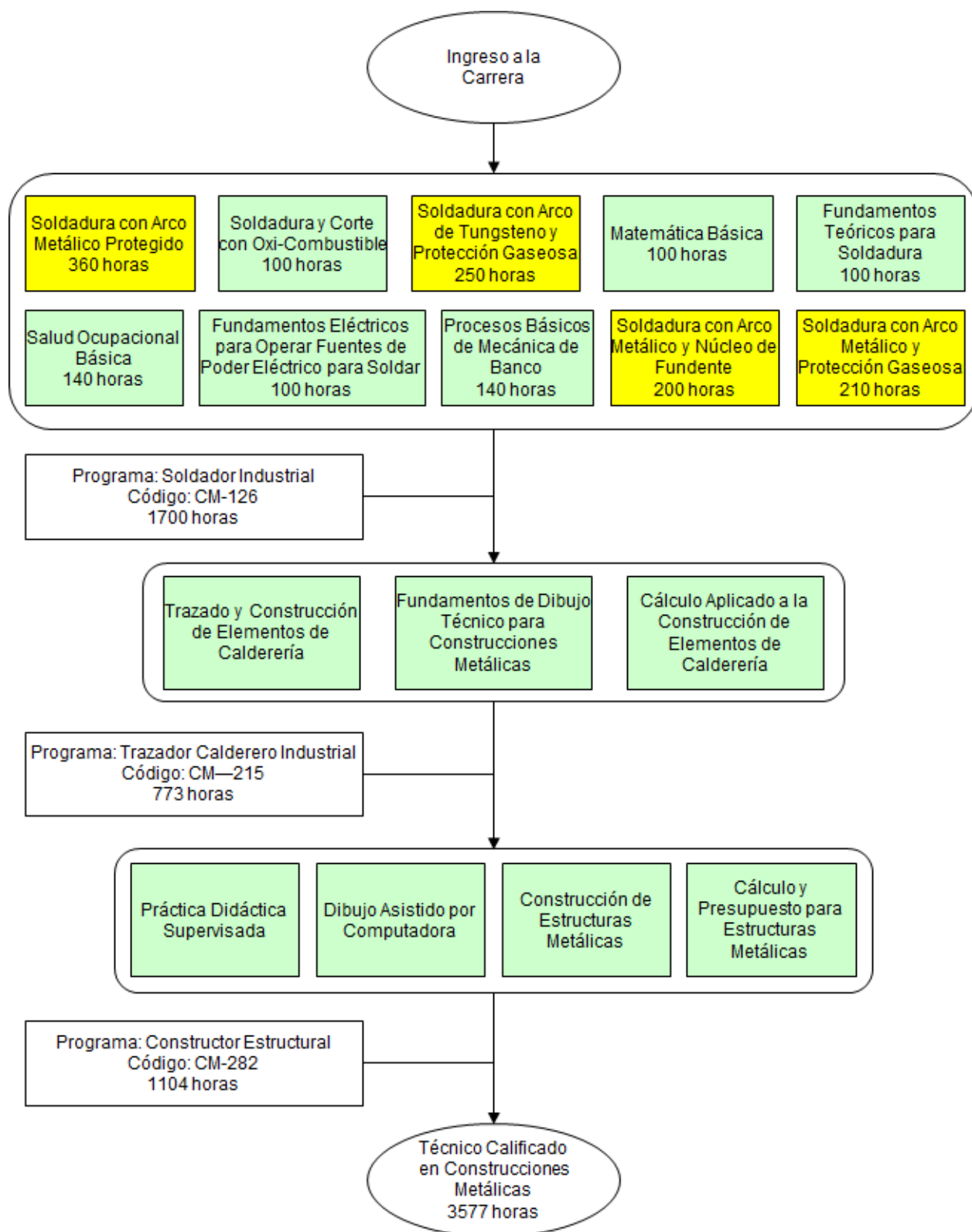
4.1.1 Descripción general de la carrera Técnico Calificado en Construcciones Metálicas

La planificación de esta carrera responde a los requerimientos de la figura profesional: técnico calificado en construcciones metálicas. Estos requerimientos son confirmados mediante la validación de su perfil académico, realizada en las unidades productivas en el año 2016. La carrera está conformada por los programas Soldador Industrial, Calderero Industrial y Constructor Estructural (cada programa con sus respectivos módulos se muestra en la figura 4.1 de la siguiente página).

La persona que cumpla con los requisitos de graduación de esta carrera técnica va a tener las competencias necesarias que le permitan desempeñarse con alto grado de eficiencia y adecuados estándares de calidad y de seguridad en el diseño, fabricación y montaje de distintos tipos de estructuras metálicas, propias del subsector productivo nacional metalmecánico.

En la siguiente figura se exponen los programas que conforman la carrera de Técnico Calificado en Construcciones Metálicas, los módulos componentes de cada programa y su orden de ejecución. En esta misma figura se especifican los códigos de cada programa y se detalla la cantidad de horas destinadas:

Figura 4.1 Diagrama de flujo con los programas de la carrera y su orden de ejecución



Fuente: Autor

4.1.2 Requisitos de ingreso

Edad mínima de ingreso: 17 años.

Condición laboral: () Empleado () Desempleado (X) Ambas condiciones.

Otras condiciones (técnicas, físicas o psicológicas): Agudeza visual, adecuada habilidad motora, fina y gruesa.

Nivel académico mínimo: Conclusión del II ciclo de Educación General Básica.

Habilidades en el uso de herramientas e instrumentos varios, u otros:

() Se requieren:

(X) No se requieren.

Formación técnica: No requerida.

Experiencia laboral: No requerida.

Módulos requisito: No requeridos.

Cuadro 4.1 Programas que conforman la carrera y módulos requisito

Nombre del programa	Código	Duración	Módulos requisito
1) Soldador Industrial	CM-126	1700 horas	
2) Trazador Calderero Industrial	CM-215	773 horas	CM-126
3) Constructor Estructural	CM-282	1104 horas	CM-215
Total		3577 horas	

Fuente: RR.HH., Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica

* Se incluye el código del programa si alguno de ellos es requisito para cursar otro programa.

4.1.3 Lineamientos para la dirección y ejecución de programas y módulos

Para la administración y ejecución de esta carrera, se debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- Estricto acato a los requisitos de ingreso, definidos en el diseño de cada programa.
- Ejecución de los programas y módulos, en el orden establecido en el itinerario de formación, mostrado en la figura: 4.1.

4.1.4 Otras disposiciones

De acuerdo con el diseño de la carrera Técnico Calificado en Construcciones Metálicas o de las condiciones del centro de formación o de la zona geográfica por impartirse, pueden establecerse otras disposiciones o lineamientos de dirección y ejecución, entre ellas: sugerencias o recomendaciones en cuanto a horarios u otras cuestiones específicas. Estas otras disposiciones se aplican después de haber sido previamente aprobadas y autorizadas por las jefaturas del Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica y de los centros de formación.

4.1.5 Objetivos, contenidos, horas y listas de insumos requeridas

En este documento solo se presentan los objetivos, contenidos y horas destinadas para los cuatro módulos de capacitación en soldeo manual del programa Soldador Industrial, marcados con color amarillo en la figura anterior 4.1 (SMAW, GTAW, FCAW y GMAW); pues los demás módulos de este programa más los módulos de los otros programas no aplican ni tienen injerencia para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

4.1.6 Soldador Industrial. Código: CM-126 1700 horas

Este programa está compuesto por diez módulos:

- Soldadura con Arco Metálico Protegido, 360 horas.
- Soldadura y Corte con Oxi-combustible, 100 horas.
- Soldadura con Arco de Tungsteno y Protección Gaseosa, 250 horas.
- Fundamentos Teóricos para Soldadura, 100 horas.
- Matemática Básica, 100 horas.
- Salud Ocupacional Básica, 140 horas.
- Fundamentos Eléctricos para Operar Fuentes de Poder para Soldar, 100 horas.
- Procesos Básicos de Mecánica de Banco, 140 horas.
- Soldadura con Arco Metálico y Núcleo de Fundente, 200 horas.
- Soldadura con Arco Metálico y Protección Gaseosa, 210 horas.

4.1.7 Trazador Calderero Industrial. Código: CM-215 773 horas

Este programa está conformado por tres módulos:

- Trazado y Construcción de Elementos de Calderería.
- Fundamentos de Dibujo Técnico para Calderería, Aplicado a Construcciones Metálicas.
- Cálculo Aplicado a la Construcción de Elementos de Calderería.

4.1.8 Constructor Estructural Código: CM-282. 1104 horas

Este programa está compuesto por cuatro módulos:

- Cálculo y Presupuesto para Estructuras Metálicas.
- Construcción de Estructuras Metálicas.
- Dibujo Asistido por Computadora.
- Práctica Didáctica Supervisada.

4.2 SECCIÓN B. PROBLEMÁTICA ACTUAL

4.2.1 Lluvia de ideas

Se efectúa una lluvia de ideas con el propósito de establecer los factores que generan los altos costos de ejecución de los módulos de capacitación en los procesos de soldeo manual.

Esta herramienta se lleva a cabo con el criterio experto de ocho docentes del subsector de construcciones metálicas, quienes están a cargo de la ejecución de las capacitaciones.

A partir de esta sesión de lluvia de ideas, se obtienen 13 factores en total, los cuales se desglosan en el siguiente cuadro:

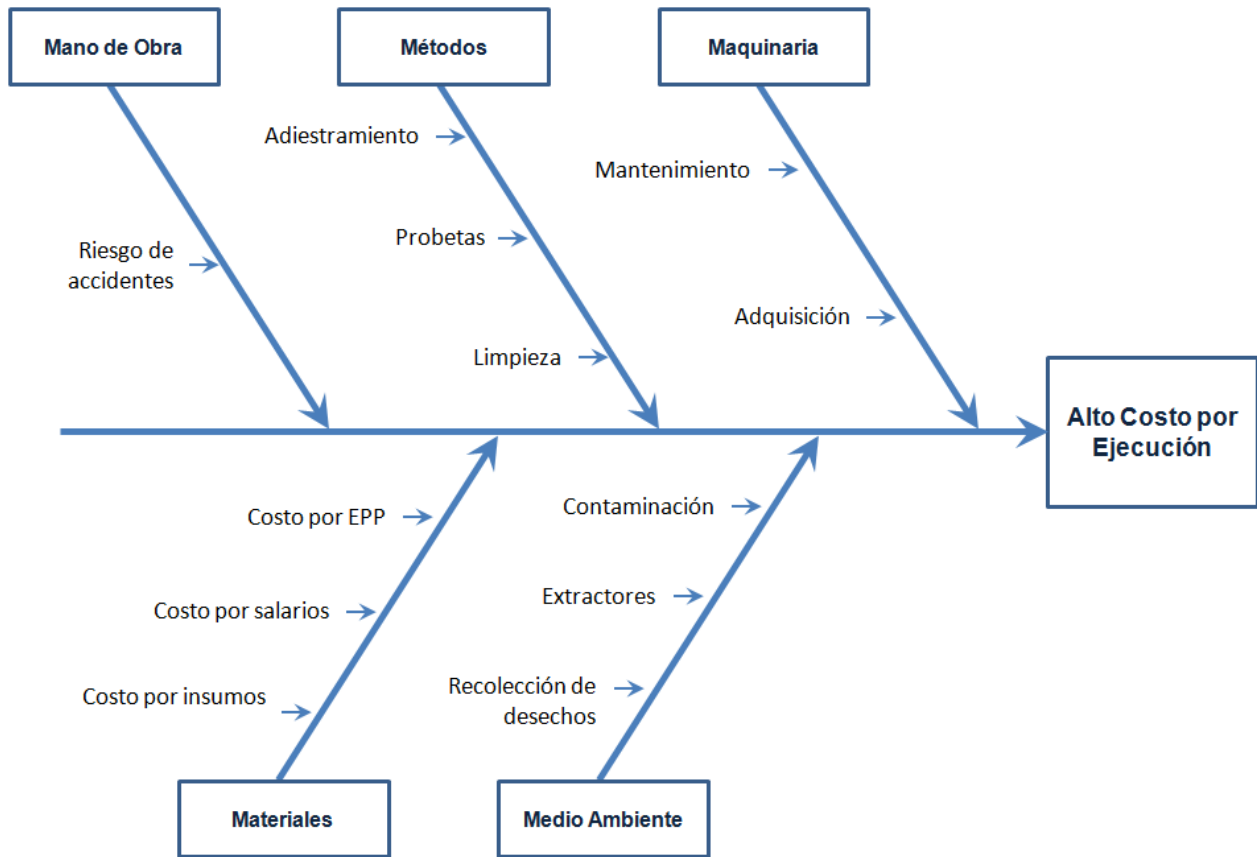
Cuadro 4.2 Lluvia de ideas para el alto costo de ejecución

Resultado de la lluvia de ideas	
Materiales	Costos por insumos consumibles.
	Costos por los salarios del personal de almacenes y transporte.
	Costos asociados a los artículos para la limpieza de los talleres.
	Costos por la adquisición de equipos para la protección personal.
Métodos	Tiempo para el adiestramiento de discentes en el uso de herramientas eléctricas.
	Tiempo para la preparación de probetas.
	Tiempo para la limpieza de talleres y recolección de desechos.
Mano de obra	Riesgo de accidentes laborales por la inexperiencia de los discentes.
Maquinaria	Incremento en el costo del mantenimiento de equipos y herramientas.
	Costos por la adquisición de herramientas eléctricas.
Medio ambiente	Costos asociados a contratos para la recolección de desechos metálicos.
	Costos por la adquisición de extractores de humo y polvo.
	Impacto de contaminación por desechos metálicos y humos.

Fuente: Autor

Cada uno de estos factores se representa en el siguiente diagrama de Ishikawa, clasificados de acuerdo con su afinidad:

Figura 4.2 Diagrama de Ishikawa de los factores para el alto costo de ejecución



Fuente: Autor

Se procede a detallar cada uno de los factores resultantes mostrados en la figura anterior.

Materiales

Se considera casi de forma unánime (según se refleja en el siguiente cuadro sobre multivoto) que uno de los factores con mayor injerencia en el alto costo del actual método de adiestramiento, es la inversión financiera en la adquisición de insumos consumibles (perfiles metálicos en acero de bajo carbono, aceros inoxidable, aluminio, soldadura, materiales de aporte, gases industriales, discos abrasivos para metal, etc.) para cada uno de los módulos SMAW, GTAW, FCAW y GMAW, los cuales al final de cada capacitación se desechan como desperdicios metálicos no reutilizables ni reciclables.

Otro factor de suma injerencia en la inversión de insumos para estos módulos es la indumentaria de protección personal para los estudiantes: caretas para la protección de la cara; gafas para la protección de la vista; cofia o capucha para la protección de la cabeza; tapones de goma para la protección de oídos; gabachas, guantes, delantales y polainas de cuero para proteger contra las proyecciones metálicas incandescentes; además de calzado diseñado con puntera de seguridad. La relevancia de este factor, desde el punto de vista financiero, es su eliminación en un adiestramiento mediante simulación.

Entre los otros factores que generan costos, se consideran los salarios de las personas involucradas en los almacenes y departamentos de transporte, quienes se encargan de la adquisición, compra, preparación, transporte y entrega de los listados de insumos requeridos para la ejecución de cada uno de los módulos de soldadura.

Métodos

Otro de los factores con alta injerencia en el elevado costo de ejecución de los entrenamientos mencionados, es la inversión del tiempo necesario para la correcta preparación de las probetas (corte, biselado, alineación y limpieza de diferentes secciones metálicas) para realizar las prácticas de soldeo manual en diversas posiciones, lo cual conlleva varias horas de adiestramiento en los educandos en el uso adecuado de herramientas manuales eléctricas, a fin de que logren la habilidad necesaria en su utilización, con estricto apego a las normas de seguridad y salud ocupacional.

En cuanto a la inversión de tiempo, también se deben considerar las horas empleadas en cada sesión de acción formativa para la limpieza física de los talleres, recolección de desechos y residuos metálicos; además del ordenamiento de los equipos y herramientas utilizadas durante la jornada.

Medio ambiente

Respecto al medio ambiente, se presenta la inversión en extractores de humo y polvo ubicados en cada uno de los puestos para prácticas de soldadura y los costos asociados a la recolección de los desechos metálicos de los talleres, lo cual es

realizado por empresas externas, siendo este un factor limitante de cuantificación. Otro factor de difícil medición es el nivel de contaminación provocado por el humo en el aire y los retazos metálicos no reutilizables.

Mano de obra

El único factor considerado en este punto es el riesgo de accidentes dentro de los talleres, pues quienes laboran ahí son estudiantes, personas con poco o nulo conocimiento sobre la mayoría de las directrices normadas acerca de la aplicación de salud ocupacional y seguridad industrial dentro de los talleres y centros laborales; y si bien es cierto, están bajo la tutela y dirección del docente a cargo de la acción formativa, eso no garantiza la eliminación del riesgo.

Maquinaria

En este tema, se pueden reducir los costos por mantenimiento de las fuentes de poder eléctrico para la soldadura, porque al ser utilizadas por personas inexpertas, requieren con mayor frecuencia atención para mantenimiento, reparación y ajustes.

4.2.2 Multivoto

Mediante consultas efectuadas a ocho docentes del Departamento de Construcciones Metálicas, se exponen las siguientes razones y se les pide señalar, según su criterio técnico, las de mayor injerencia en el alto costo de ejecución de las capacitaciones en los procesos de soldeo manual. Se les pide numerar de 1 a 10 los siguientes factores, en los cuales 10 es el componente de mayor injerencia:

- A. Costos por insumos consumibles.
- B. Costos por los salarios del personal de almacenes y transporte.
- C. Costos asociados a los artículos para la limpieza de los talleres.
- D. Costos por la adquisición de equipos para protección personal.
- E. Tiempo para el adiestramiento de discentes en el uso de herramientas eléctricas.
- F. Tiempo para la preparación de probetas.
- G. Tiempo para la limpieza de talleres y recolección de desechos.

- H. Riesgo de accidentes laborales por la inexperiencia de los discentes.
- I. Incremento en el costo de mantenimiento de equipos y herramientas.
- J. Costos por la adquisición de herramientas eléctricas.
- K. Costos asociados a contratos para la recolección de desechos metálicos.
- L. Costos por la adquisición de extractores de humo y polvo.
- M. Impacto de contaminación por desechos metálicos y humos.

El resultado de la multivotación para cada uno de los factores analizados se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.3 Multivoto sobre la injerencia en el alto costo

Injerencia en el alto costo del método actual										
D = Docente 10 = Mayor prioridad 1 = Menor prioridad										
Razones	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	Total	%
A	10	10	10	9	10	10	10	10	79	14,99 %
B	5	5	4	3	5	5	5	5	37	7,02 %
C	3	3	3	3	3	3	3	3	24	4,55 %
D	2	2	6	6	8	3	3	2	32	6,07 %
E	8	9	9	9	9	8	9	9	70	13,28 %
F	9	8	9	10	9	9	9	8	71	13,47 %
G	4	3	2	4	3	3	2	2	23	4,36 %
H	4	5	4	4	4	4	4	4	33	6,26 %
I	2	1	1	1	1	2	1	1	10	1,90 %
J	7	7	7	5	7	7	7	7	54	10,25 %
K	6	6	5	5	6	6	6	6	46	8,73 %
L	4	4	4	4	4	4	4	4	32	6,07 %
M	1	2	2	3	2	3	2	1	16	3,04 %
Total =									527	100,00 %

Fuente: Autor

Se procede a calcular el porcentaje acumulado para determinar los factores de mayor impacto del total:

Cuadro 4.4 Multivoto ordenado sobre la injerencia en el alto costo

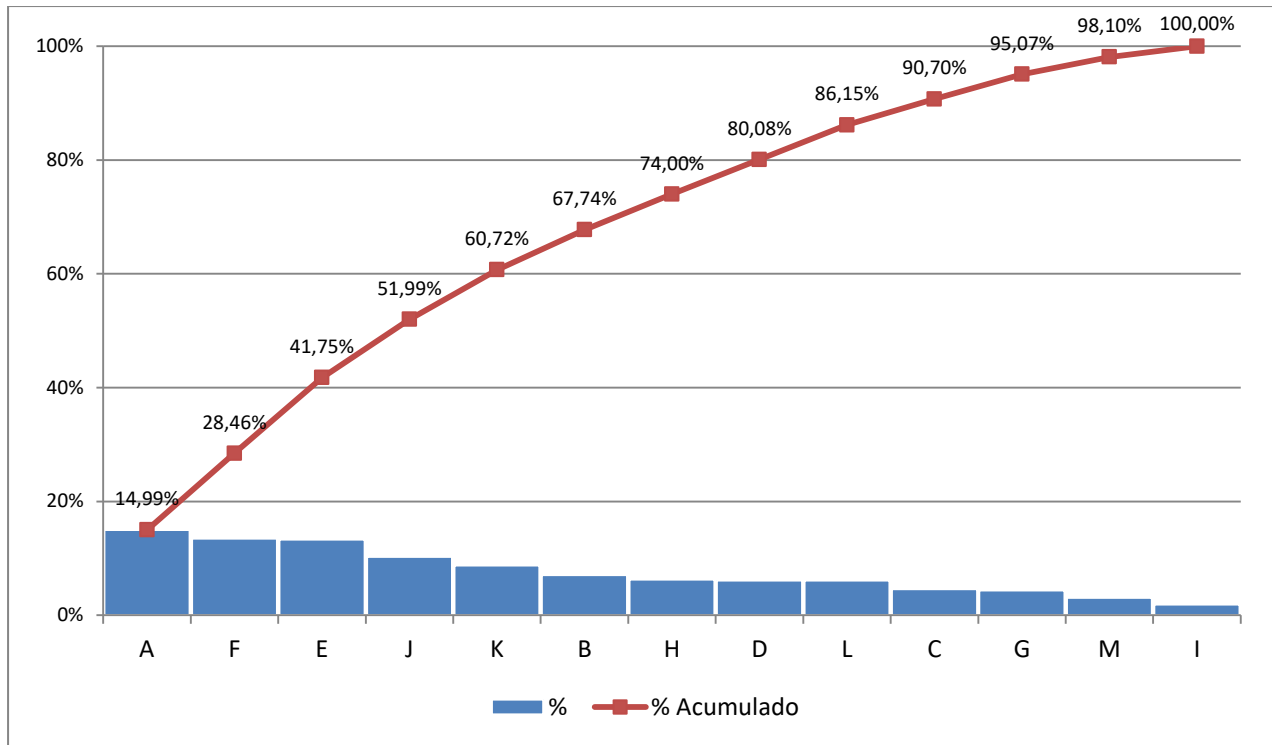
Multivotación de la injerencia en el alto costo del método actual											
D = Docente 10 = Mayor prioridad 1 = Menor prioridad											
Razones	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	Total	%	% Acumulado
A	10	10	10	9	10	10	10	10	79	14,99 %	14,99 %
F	9	8	9	10	9	9	9	8	71	13,47 %	28,46 %
E	8	9	9	9	9	8	9	9	70	13,28 %	41,75 %
J	7	7	7	5	7	7	7	7	54	10,25 %	51,99 %
K	6	6	5	5	6	6	6	6	46	8,73 %	60,72 %
B	5	5	4	3	5	5	5	5	37	7,02 %	67,74 %
H	4	5	4	4	4	4	4	4	33	6,26 %	74,00 %
D	2	2	6	6	8	3	3	2	32	6,07 %	80,08%
L	4	4	4	4	4	4	4	4	32	6,07 %	86,15 %
C	3	3	3	3	3	3	3	3	24	4,55 %	90,70 %
G	4	3	2	4	3	3	2	2	23	4,36 %	95,07 %
M	1	2	2	3	2	3	2	1	16	3,04 %	98,10 %
I	2	1	1	1	1	2	1	1	10	1,90 %	100,00 %
Total =									527	100,00 %	---

Fuente: Autor

El cuadro anterior muestra los porcentajes de injerencia de cada uno de los factores determinantes en el alto costo de inversión financiera para la ejecución de los módulos de capacitación en los procesos de soldadura manual.

Estos factores ordenados por su valor porcentual se reflejan en un diagrama de Pareto, en la siguiente figura:

Figura 4.3 Diagrama de Pareto sobre la injerencia de los altos costos



Fuente: Autor

Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto, los factores con mayor impacto en el alto costo de la ejecución de los módulos son:

- A - Costos por insumos consumibles, con un 14,99 %.
- F - Tiempo para la preparación de probetas, con un 13,47 %.
- E - Tiempo para el adiestramiento de discentes en el uso de herramientas eléctricas, con un 13,28 %.
- J - Costos por la adquisición de herramientas eléctricas, con un 10,25 %.

El valor acumulado de estas cuatro causas suma un total de 51,99 % de la votación efectuada como criterio experto.

4.2.3 Análisis FODA

Para conocer el entorno interno y externo en el cual se desarrolla la ejecución actual de los módulos de soldeo manual del Instituto, se realiza un análisis FODA. Cada uno de los factores se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.5 Análisis FODA para la ejecución actual de los módulos de soldeo manual

	Fortalezas	Debilidades
Factores internos	<ul style="list-style-type: none"> Recursos financieros. Espacio disponible en los talleres. Disponibilidad de los docentes para la capacitación de actualización. 	<ul style="list-style-type: none"> Renuencia de autoridades ante la adquisición de nuevas tecnologías. Desinterés de algunas jefaturas.
	Oportunidades	Amenazas
Factores externos	<ul style="list-style-type: none"> Existencia en el país de compañías relacionadas con simuladores de realidad virtual. 	<ul style="list-style-type: none"> Posible aprobación por parte del Gobierno de la República, de algunos proyectos de ley para la creación de algunas agencias como FOMPRODUCE, limitando los recursos.

Fuente: Autor

Seguidamente se detalla cada uno de los factores contemplados en el FODA.

4.2.3.1 Fortalezas

El Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica dispone de:

- Los recursos financieros necesarios por utilizar.
- El espacio disponible en los talleres de los distintos centros de formación académica, para la ubicación de equipos.
- Disponibilidad de los docentes para recibir la capacitación de actualización.

4.2.3.2 Debilidades

Como parte de las debilidades, la institución contempla lo siguiente:

- Renuencia de algunas autoridades ante la adquisición de nuevas tecnologías.
- Desinterés de parte de algunas jefaturas.

4.2.3.3 Oportunidades

Como una importante oportunidad, se tiene:

- En el país existen sucursales de compañías dedicadas al diseño, fabricación y distribución de simuladores de realidad virtual para el adiestramiento en procesos de soldadura manual, las cuales estarían dispuestas a brindar la capacitación idónea a los docentes del subsector de construcciones metálicas, a fin de actualizar conocimientos tecnológicos.

4.2.3.4 Amenazas

En cuanto a factores externos negativos para la institución, se encuentra la siguiente amenaza:

- Quizá la mayor amenaza en la actualidad para el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica es la posible aprobación por parte del Gobierno de la República de algunos proyectos de ley para la creación de algunas agencias como FOMPRODUCE, pues para la mantención económica de estas agencias, se utilizaría un importante porcentaje de los fondos que en la actualidad sostienen al Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica. Por tanto, la injerencia es una reducción considerable respecto a la adquisición de equipos necesarios para la capacitación teórico-práctica de los estudiantes, además se limita la contratación de capacitación para actualizar los conocimientos del personal docente.

Se procede a analizar la relación entre los factores de manera que más adelante se puedan plantear las respectivas estrategias.

4.2.3.5 Fortalezas-opportunidades

La relación de las fortalezas con las oportunidades actuales de la institución puede garantizar un alto porcentaje de actualización, en cuanto a los conocimientos informáticos de los docentes sobre formación académica con simuladores de realidad virtual integrada a los procesos de soldeo manual.

4.2.3.6 Fortalezas-debilidades

En esta relación se percibe ironía e incongruencia, debido a que la institución posee la disponibilidad de recursos y disponibilidad del cuerpo docente para actualizar sus conocimientos sobre el tema.

4.2.3.7 Fortalezas-amenazas

Si bien es cierto las fortalezas son bastante sólidas, pueden parecer insuficientes ante las diversas voluntades políticas vigentes en Costa Rica.

4.2.3.8 Debilidades-oportunidades

Las debilidades mencionadas pueden ser subsanadas mediante la disponibilidad de algunas autoridades para gestionar la respectiva solicitud de capacitación en coordinación con alguna de las compañías diseñadoras y distribuidoras de simuladores de realidad virtual para el entrenamiento en procesos de soldadura.

4.2.3.9 Debilidades-amenazas

En esta correlación se presenta quizá el factor más crítico, ya que según se incremente el porcentaje de las amenazas, aumentan en consecuencia y proporcionalmente las debilidades.

4.2.3.10 Oportunidades-amenazas

En esta combinación también se perciben incoherencias, porque en teoría deben ser el Poder Legislativo y el Poder Ejecutivo de Costa Rica los que más se interesen en el adecuado funcionamiento de cualquier entidad educativa del país, a fin de conseguir la mejor capacitación técnica para la población costarricense.

Como resultado de este análisis, relacionando el entorno interno con el externo, se plantean las siguientes estrategias:

Cuadro 4.6 Matriz de estrategias según FODA

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	<p>FO: Garantía de un alto porcentaje de actualización en los conocimientos informáticos de los docentes sobre simulación.</p>	<p>DO: Las debilidades señaladas pueden ser subsanadas mediante la disponibilidad de algunas autoridades para gestionar la respectiva solicitud de capacitación en coordinación con alguna de las compañías diseñadoras y distribuidoras de simuladores de realidad virtual para el entrenamiento en procesos de soldadura.</p>
Amenazas	<p>FA: Si bien es cierto las fortalezas son bastante sólidas, pueden parecer insuficientes ante las diversas voluntades políticas vigentes en Costa Rica.</p>	<p>DA: En esta correlación se presenta quizá el factor más crítico, pues según se incremente el porcentaje de las amenazas, aumentan en consecuencia y proporcionalmente las debilidades.</p>

Fuente: Autor

A continuación, se detalla cada una de las estrategias resultantes del análisis entre los factores internos y externos:

FO: Garantía de alto porcentaje de actualización en los conocimientos informáticos de los docentes sobre simulación: Se propone la actualización de los conocimientos informáticos de los docentes de construcciones metálicas aplicados a los simuladores de realidad virtual, con integración a los procesos de soldadura manual, lo cual permite a estos docentes brindar en adecuado adiestramiento a los educandos para ejercitar su máximo potencial. También se demuestra mediante esta actualización de conocimiento, la reducción en los costos de capacitación.

FA: Al igual que muchas instituciones educativas en Costa Rica, el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica no está libre de la injerencia por decisiones e intereses de los partidos políticos, por lo cual las fortalezas pueden verse diezmadas y, como consecuencia, se presentan serios retrasos en la actualización de tecnologías y conocimientos.

DO: Las debilidades indicadas pueden ser subsanadas mediante la disponibilidad de algunas autoridades para gestionar la respectiva solicitud de capacitación en coordinación con alguna de las compañías diseñadoras y distribuidoras de simuladores de realidad virtual para el entrenamiento en procesos de soldadura.

DA: En esta correlación se manifiesta quizá el factor más crítico, pues según se incrementa el porcentaje de las debilidades (renuencia de autoridades y desinterés de jefaturas), aumentan en consecuencia y proporcionalmente las amenazas por intereses de los partidos políticos costarricenses.

Seguidamente se procede con la cuantificación del impacto económico de la ejecución de los distintos módulos de soldeo manual que imparte la institución en la actualidad.

4.3 SECCIÓN C. IMPACTO ECONÓMICO

Se realiza una medición de los montos financieros invertidos, según la metodología actual, en la adquisición de insumos consumibles para la ejecución de los procesos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW.

Además, se presenta un desglose de la cantidad de horas utilizadas en algunos objetivos específicos de los módulos, las cuales, a razón de implementarse la propuesta de mejora, pueden ser utilizadas en mayor expertiz y habilidad en los estudiantes, a fin de conseguir en ellos mayor confianza en sí mismos.

A continuación, se muestra el detalle para cada tipo de programa.

4.3.1 Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW)

El programa para Soldadura con Arco Metálico Protegido (conocido como SMAW) se encuentra en el anexo 1 del presente estudio. En él se detallan el objetivo general, los objetivos específicos, los contenidos del programa, así como las situaciones de enseñanza y aprendizaje. Además, cada programa señala la evaluación de los aprendizajes y las horas para cada uno de los objetivos específicos.

En el anexo 2 se muestra el listado de insumos requeridos para ejecutar el módulo SMAW, donde el costo total de todos estos materiales es de ₡ 71 432 833,00.

Se indican algunos factores relevantes de consideración para el proceso de soldeo manual SMAW en el método actual de adiestramiento. Los valores para interpretar el siguiente cuadro son:

A = Objetivo específico.

B = Cantidad de horas por objetivo.

C = Horas invertidas en enseñanza del uso de herramientas eléctricas, y en preparación de probetas.

D = Inspección de defectos en los depósitos de soldadura.

E = Selección de biseles y de las partes de una junta soldada.

Cuadro 4.7 Limitantes en el proceso SMAW

Limitantes en el proceso SMAW				
A	B	C	D	E
1	4			
2	4			
3	26		Limitada	
4	40	25		
5	1			
6	1			
7	1			
8	25	15		
9	4		Limitada	
10	25	15		
11	4			
12	25		Limitada	
13	25	15		
14	25	15		
15	16		Limitada	
16	1			Simulador
17	2			Simulador
18	25	15		
19	25	15		
20	40	25		
21	4			
22	10		Limitada	
23	12	6		
24	15	7		
Total:	360	153		

Fuente: Autor

Del cuadro anterior se infiere que las 153 horas invertidas en la preparación de probetas y en el aprendizaje del uso correcto de esmeriladoras angulares y otras herramientas eléctricas manuales, se pueden utilizar en prácticas de soldeo a fin de lograr en los estudiantes un mejor nivel de habilidad sicomotora para ejercer con mayor calidad las labores de soldadura.

También se observan las limitantes en algunos objetivos sobre inspección de los depósitos de soldadura, porque este reconocimiento en el método actual es solo visual, por lo cual puede ser muy subjetivo y carente de evidencias.

4.3.2 Soldadura con Arco de Tungsteno y Protección Gaseosa (GTAW)

El programa para Soldadura con Arco de Tungsteno y Protección Gaseosa (conocido como GTAW) se encuentra en el anexo 3 del presente estudio.

En el anexo 4 se muestra el listado de insumos requeridos para ejecutar el módulo SMAW, donde el costo total de todos estos materiales es de ₡ 54 134 453,00.

Se indican algunos factores relevantes de consideración para el proceso de soldeo manual GTAW en el método actual de adiestramiento. Los valores para interpretar el siguiente cuadro son:

A = Objetivo específico.

B = Cantidad de horas por objetivo.

C = Horas invertidas en enseñanza del uso de herramientas eléctricas, y en preparación de probetas.

D = Inspección de defectos en los depósitos de soldadura.

E = Selección de biseles y de las partes de una junta soldada.

Cuadro 4.8 Limitantes en el proceso GTAW

Limitantes en el proceso GTAW				
A	B	C	D	E
1	2			
2	6			
3	2			
4	20	10		
5	25	12		
6	25	12		
7	25		Limitada	Simulador
8	10	15		Simulador
9	10		Limitada	Simulador
10	10			
11	30	15		
12	25	12	Limitada	
13	25	12		
14	10			Simulador
15	25		Limitada	
Total:	250	88		

Fuente: Autor

Del cuadro anterior se infiere que las 88 horas invertidas en la preparación de probetas y en el aprendizaje del uso correcto de esmeriladoras angulares y otras herramientas eléctricas manuales, se pueden utilizar en prácticas de soldeo a fin de lograr en los estudiantes un mejor nivel de habilidad sicomotora para ejercer con mayor calidad las labores de soldadura.

También se observan las limitantes en algunos objetivos sobre inspección de los depósitos de soldadura, pues este reconocimiento en el método actual es solo visual, por lo cual puede ser muy subjetivo y carente de evidencias.

4.3.3 Soldadura con Arco Metálico y Núcleo de Fundente (FCAW)

El programa para Soldadura con Arco Metálico y Núcleo de Fundente (conocido como FCAW) se encuentra en el anexo 5 del presente estudio.

En el anexo 6 se muestra el listado de insumos requeridos para ejecutar el módulo SMAW, donde el costo total de todos estos materiales es de ₡ 18 150 160,00.

Se indican algunos factores relevantes de consideración para el proceso de soldeo manual FCAW en el método actual de adiestramiento. Los valores para interpretar el siguiente cuadro son:

A = Objetivo específico.

B = Cantidad de horas por objetivo.

C = Horas invertidas en enseñanza del uso de herramientas eléctricas, y en preparación de probetas.

D = Inspección de defectos en los depósitos de soldadura.

E = Selección de biseles y de las partes de una junta soldada.

Cuadro 4.9 Limitantes en el proceso FCAW

Limitantes en el proceso FCAW				
A	B	C	D	E
1	2			
2	10			
3	20	10		
4	4		Limitada	Simulador
5	2			
6	2			Simulador
7	2		Limitada	Simulador
8	25	12		
9	25	12	Limitada	Simulador
10	12			Simulador
11	4			Simulador
12	5		Limitada	Simulador
13	12	6		
14	4			Simulador
15	6		Limitada	
16	4			
17	11	6		
18	25	12		
19	25	12		
Total:	200	70		

Fuente: Autor

Del cuadro anterior se infiere que las 70 horas invertidas en la preparación de probetas y en el aprendizaje del uso correcto de esmeriladoras angulares y otras herramientas eléctricas manuales, se pueden utilizar en prácticas de soldeo, a fin de lograr en los

estudiantes un mejor nivel de habilidad sicomotora para ejercer con mayor calidad las labores de soldadura.

También se observan las limitantes en algunos objetivos sobre inspección de los depósitos de soldadura, ya que este reconocimiento en el método actual es solo visual, por lo cual puede ser muy subjetivo y carente de evidencias.

4.3.4 Soldadura con Arco Metálico y Protección de Gas (GMAW)

El programa para la Soldadura con Arco Metálico y Protección de Gas (conocido como GMAW) se encuentra en el anexo 7 del presente estudio.

En el anexo 8 se muestra el listado de insumos requeridos para ejecutar el módulo GMAW, donde el costo total de todos estos materiales es de ₡ 15 967 100,00.

Se indican algunos factores relevantes de consideración en el método actual de adiestramiento para el proceso de soldeo manual FCAW. Los valores para interpretar el siguiente cuadro son:

A = Objetivo específico.

B = Cantidad de horas por objetivo.

C = Horas invertidas en enseñanza del uso de herramientas eléctricas, y en preparación de probetas.

D = Inspección de defectos en los depósitos de soldadura.

E = Selección de biseles y de las partes de una junta soldada.

Cuadro 4.10 Limitantes en el proceso GMAW

Limitantes en el proceso GMAW				
A	B	C	D	E
1	4			
2	15			
3	4	2		
4	17	8		
5	60	35		
6	6			Simulador
7	2		Limitada	Simulador
8	2			Simulador
9	2		Limitada	Simulador
10	34	17		
11	30	15		
12	12		Limitada	Simulador
13	3			
14	3			Simulador
15	12	6		
16	4			
Total:	210	83		

Fuente: Autor

Del cuadro anterior se infiere que las 83 horas invertidas en la preparación de probetas y en el aprendizaje del uso correcto de esmeriladoras angulares y otras herramientas eléctricas manuales, se pueden utilizar en prácticas de soldeo, a fin de lograr en los estudiantes un mejor nivel de habilidad sicomotora para ejercer con mayor calidad las labores de soldadura.

También se observan las limitantes en algunos objetivos sobre inspección de los depósitos de soldadura, pues este reconocimiento en el método actual es solo visual, por lo cual puede ser muy subjetivo y carente de evidencias.

Para los cuatro programas analizados, se presenta el siguiente cuadro resumen con el total de los costos de ejecución:

Cuadro 4.11 Resumen de los montos de ejecución en los módulos de soldeo manual

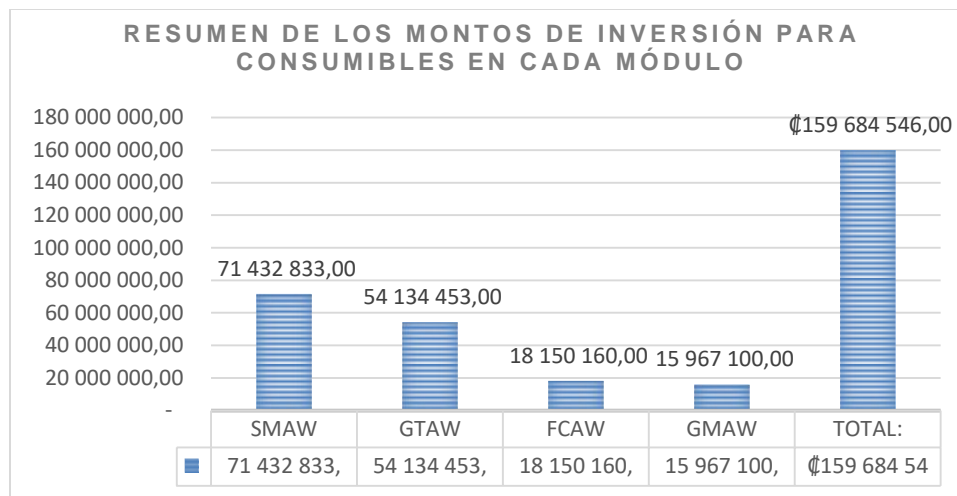
Resumen montos de inversión	
SMAW	71 432 833,00
GTAW	54 134 453,00
FCAW	18 150 160,00
GMAW	15 967 100,00
TOTAL:	₡ 159 684 546,00

Fuente: Autor

Como se puede apreciar, el monto total de los insumos para ejecutar los módulos de soldeo manual en la actualidad es de ₡ 159 684 546,00.

A continuación, se muestra gráficamente el impacto de cada uno de los módulos versus el total general.

Figura 4.4 Montos de ejecución en los módulos de soldeo manual



Fuente: Autor

A continuación se indica un resumen de la cantidad de horas destinadas para cada uno de los cursos de preparación en soldeo manual y se muestra la cantidad de horas consideradas como subutilizadas en cada módulo por tratarse de tiempos invertidos en tareas repetitivas, las cuales, con el método de entrenamiento por medio de realidad virtual integrada, son innecesarias y, en consecuencia, esas mismas horas pueden transformarse en mayor cantidad de horas de práctica para los discentes, aumentando significativamente su destreza y habilidad manual en soldadura.

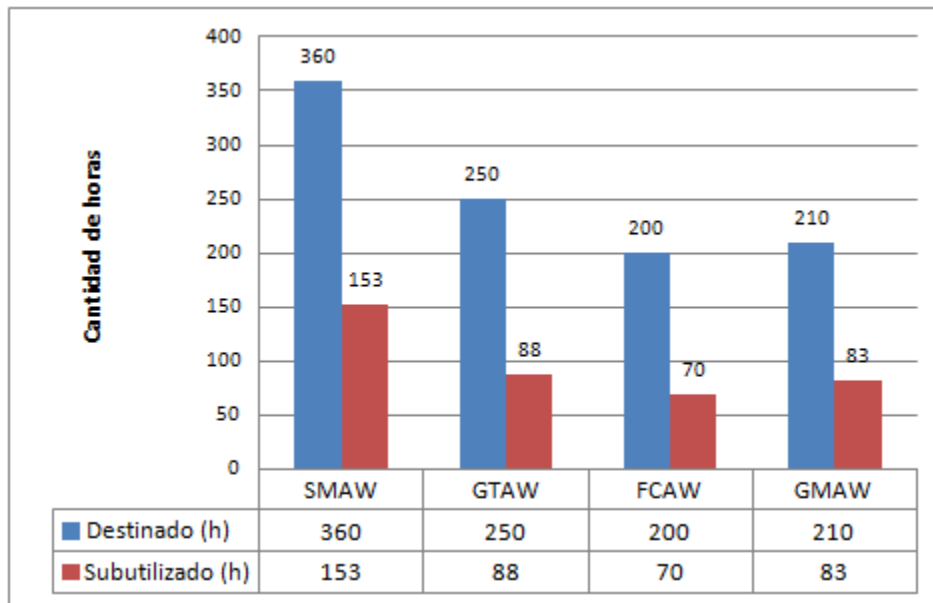
Cuadro 4.12 Resumen de las horas de inversión en los procesos de soldeo

Tiempo utilizado en el método actual		
Proceso	Destinado (h)	Subutilizado (h)
SMAW	360	153
GTAW	250	88
FCAW	200	70
GMAW	210	83

Fuente: Autor

En la siguiente figura se contrasta esta información para cada tipo de programa:

Figura 4.5 Gráfico sobre horas subutilizadas en los procesos de soldeo



Fuente: Autor

En el gráfico anterior se puede apreciar más fácilmente con las barras de color rojo, el total de horas subutilizadas en cada uno de los módulos de soldeo manual comparadas contra el total de horas destinadas a cada programa.

Las horas subutilizadas se cuantificaron; mas, no fue posible estimar su costo, debido a los múltiples factores de intervención, cuyos montos están diluidos; por ejemplo: energía eléctrica, agua potable, salarios de docentes, de personal administrativo y de personal de seguridad.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Para desarrollar el presente capítulo, se toman en cuenta aquellos factores críticos analizados en el capítulo IV, “Análisis de resultados”. Por lo tanto, se plantean las propuestas necesarias para atacar la problemática evidenciada.

5.1 SECCIÓN A. PROPUESTA DE SIMULACIÓN

La propuesta principal consiste en equipar las aulas de la institución con paquetes de realidad virtual, donde se puedan ejecutar los módulos de soldeo por medio de simulación.

Seguidamente, se detalla cada uno de los componentes y características de esta propuesta tecnológica.

5.1.1 Hardware

Esta proposición radica en la adquisición y habilitación de equipos informáticos de simulación con realidad virtual integrada en 3D, cuyo *hardware* incluye una mesa de trabajo diseñada a la medida, la cual proporciona un espacio de trabajo óptimo para la interacción con el sistema. Esta mesa de trabajo permite tener siempre colocados, protegidos y listos para su uso todos los elementos necesarios con el fin de ejecutar las prácticas de soldeo. También incluye una mesa auxiliar con ajuste de altura para la colocación de todas las probetas para soldadura.

De igual forma posibilita con facilidad la regulación en altura del área de trabajo para las prácticas en las probetas, a fin de ser accesible a cualquier usuario, sin importar su estatura, o si el operario está de pie o sentado; además, incluye una bandeja reclinable tallada a medida, la cual, junto con el resto de acoples presentes en el sistema, permite la colocación de forma robusta de todas las piezas de soldadura en las diversas posiciones de soldeo. Este *hardware* cuenta con dos años de garantía por parte del proveedor.

Figura 5.1 Imagen de un simulador para soldadura



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

5.1.2 Software

El sistema posibilita simular ejercicios de soldadura en los procesos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW. En el caso del proceso SMAW, el usuario tiene la opción de modificar la intensidad de la corriente eléctrica por utilizar, o la polaridad y la orientación del electrodo con respecto al ángulo de avance y al portaelectrodos. En cuanto a los procesos GMAW y FCAW, el usuario puede modificar el voltaje, la velocidad de salida del hilo (electrodo continuo), el caudal de gas, el diámetro del hilo y el método de transferencia de la soldadura.

En relación con el proceso de soldadura GTAW, el usuario puede modificar la intensidad, el diámetro del electrodo no consumible, el diámetro del material de aporte, la polaridad y el caudal de gas por usar. El *software* permite tener instalados de forma simultánea en un mismo simulador, tantos paquetes de idioma como sean necesarios y cambiar el idioma activo desde el propio menú del simulador, en cuestión de segundos y tantas veces como sea necesario. Cada unidad lleva instalada una licencia de “visor de equipo”, lo cual posibilita el acceso remoto al *software* por parte de la empresa proveedora a fin de brindar asistencia inmediata y con garantía de por vida.

5.1.3 Información teórica

El sistema incluye un modo especial sobre teoría, el cual permite la realización de cuestionarios hipotéticos, mediante los cuales al usuario se le efectúan preguntas de triple respuesta, con solo una de ellas correcta para seleccionar. El contenido de los cuestionarios se organiza en varios ejemplos con una docena de preguntas por cada ejercicio. El sistema posibilita añadir sin ningún límite tantos nuevos patrones y nuevas preguntas como se desee, por medio del uso del editor integrado en el puesto del docente. Los resultados de cada cuestionario se envían al puesto del docente para poder visualizarlos en cualquier momento en formato web.

El método permite al docente la creación de contenido teórico para los cuestionarios sin límite en el número de nuevos ítems y preguntas. Desde un sencillo editor integrado en el puesto del docente, se administra la creación del nuevo contenido y se exporta al simulador, añadiéndose al existente por defecto. El editor ayuda a gestionar tantas bases de datos de nuevos ítems y preguntas como se desee, posibilitando exportar todas juntas o por separado.

5.1.4 Probetas

Cada unidad de simulación incluye 14 modelos de probetas para soldadura, los cuales representan físicamente y de forma exacta, dentro del área de trabajo, las piezas de soldadura que aparecen en la simulación. Todos estos modelos integran acoples a medida que permiten su ubicación en la mesa de trabajo, de forma sólida, precisa, rápida y sencilla en todas las posiciones de soldeo.

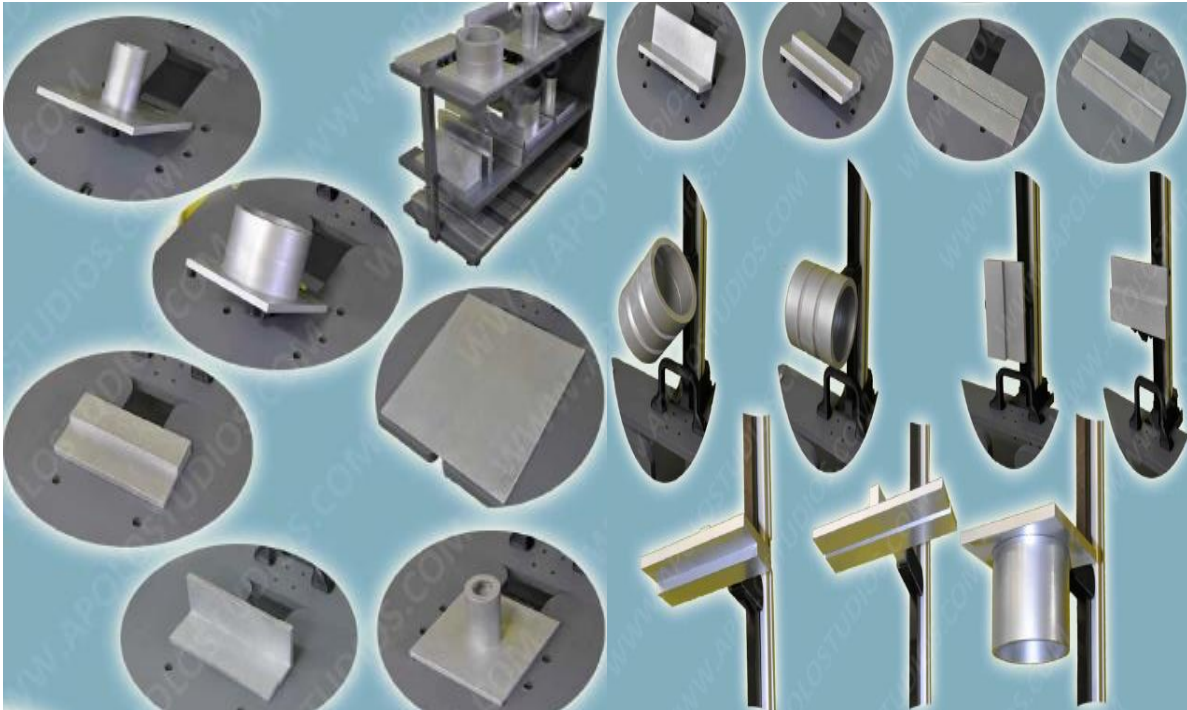
5.1.5 Modelos de probetas

Dentro de las opciones de modelos de probetas para estos paquetes de simuladores, se encuentran:

- Junta a tope para recargues sobre mesa.
- Junta en ángulo T.
- Junta en ángulo V.
- Junta a tope de chapas planas.
- Junta a tope de placas con bisel y preparación de bordes.

- Junta de tubo contra placa.
- Junta a tope de dos segmentos cilíndricos.

Figura 5.2 Imagen de diversas probetas para soldadura



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

5.1.6 Sistema de sensores

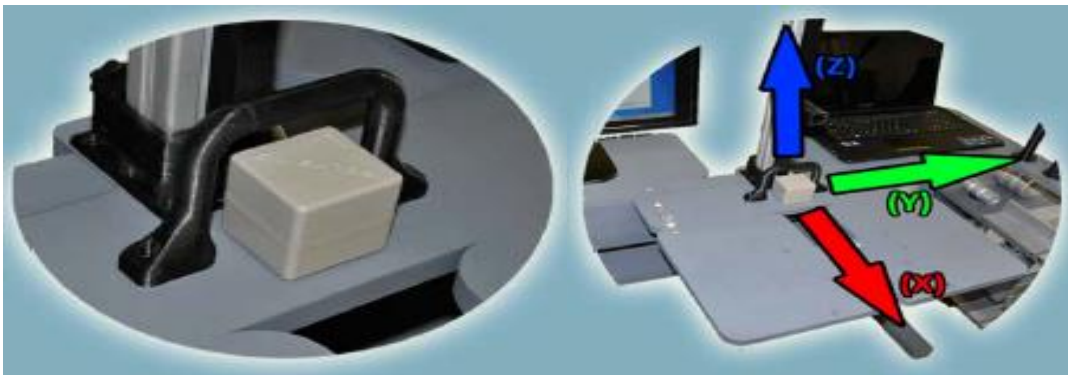
Estos dispositivos están diseñados con base en la tecnología magnética, la cual permite al sistema un control constante y continuo con precisión milimétrica. La posición y orientación en el área de trabajo de los sensores, colocados dentro de los instrumentos para soldadura, con respecto a un origen de coordenadas, también ayuda al sistema a posicionar y orientar los elementos en el mundo virtual, de forma exacta a como se encuentran en las manos del usuario.

A diferencia de los sistemas virtuales en los cuales se trabaja con factores limitantes, como fotografías o imágenes en 2D, este método de sensores posibilita al procedimiento virtual un control tridimensional total de todos los elementos de soldadura, proporcionando en todo momento datos espaciales exactos según el origen

de las coordenadas, lo cual impide la posible interrupción en el flujo de la información reflejada en la pantalla del simulador.

Este método de sensores hace también que todas las actividades en el simulador de realidad virtual sean 100 % determinadas por las acciones del usuario, sin comportamientos ni resultados predefinidos o aproximados, sin ningún tipo de limitación, restricción o dependencia de factores externos, los cuales pudiesen con suma frecuencia interrumpir la precisión y utilidad real de las prácticas de soldado en simulación. Por esta razón, este método de sensores consigue que el desarrollo y perfeccionamiento de la memoria muscular del usuario, imprescindible para realizar correctamente trabajos de soldadura en la realidad, se logre de manera más eficaz.

Figura 5.3 Imagen de los sensores del sistema



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

5.1.7 Sistema audiovisual

Dentro de la careta para soldadura, se integra una técnica de visualización de imagen, la cual, en forma de gafa, equivale a la visualización de una pantalla de 125 pulgadas, a tres metros de distancia. En dicha pantalla se muestra la simulación, existiendo la posibilidad para el usuario de ajustar el brillo de la imagen de manera individualizada, mediante botones localizados en la misma gafa. Además, esta técnica permite de forma opcional, la visualización de la imagen en 3D estereoscópico, con la opción de ajustar el nivel de profundidad en la imagen 3D, obteniendo un efecto de profundidad real en la visualización de la escena virtual, equivalente al de una sala de cine en 3D.

Este instrumento tipo gafa también lleva integrado un método de altavoces supra aurales almohadillados (introducidos en las orejas), con control de volumen a

disposición del usuario. Esta gafa se sujeta en la cabeza del usuario, con el único contacto de dos zonas almohadilladas, las cuales en ningún momento ponen ningún tipo de presión en la nariz o en la cabeza. Asimismo, se puede utilizar por personas con dependencia de lentes medicados. Este método incluye un monitor para la visualización externa de la misma imagen, la cual ve el usuario en las gafas.

Figura 5.4 Imagen de los sensores del sistema



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

5.1.8 Sistema háptico de notificación de errores

Este método integra motores de vibración controlados por los circuitos electrónicos del equipo, los cuales permiten notificar errores cometidos por el usuario por medio de un sistema háptico⁴ basado en distintos patrones de vibración y en tiempo real durante la ejecución de las soldaduras; por tanto, mediante esta funcionalidad del *hardware*, el sistema es capaz de notificar correcciones al usuario, de forma instantánea, al no ser realizadas de manera visual ni auditiva y no requerir, por tanto, un procesamiento de la información por parte del cerebro.

⁴ Conjunto de sensaciones no visuales y no auditivas, experimentadas por un individuo.

Figura 5.5 Imagen de un sistema háptico

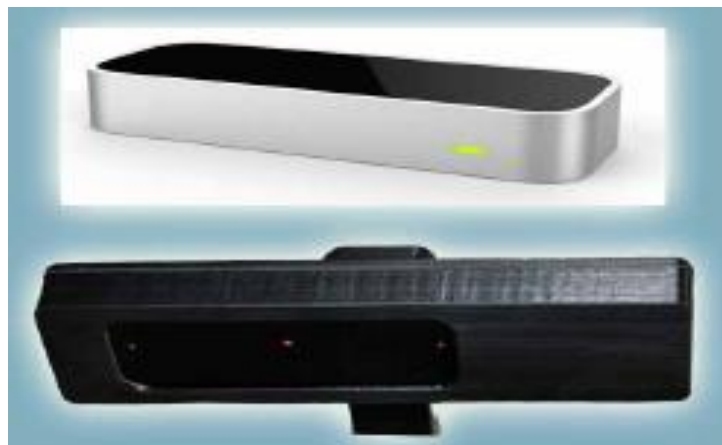


Fuente: Catálogo WELDTRAINER - APOLO STUDIOS S.L.

5.1.9 Sistema de infrarrojos

Esta técnica también integra un método de rayos infrarrojos, los cuales ayudan al sistema a posicionar en el espacio la máscara para soldadura y determinar así el punto de vista en la simulación mediante la posición y orientación de la misma. La máscara para soldadura tiene integradas unas piezas reflectantes en su parte superior, las cuales reflejan la luz infrarroja, facilitando al sistema por medio del análisis del rebote de dicha luz, posicionar y orientar la cámara virtual en la simulación, en correspondencia al usuario.

Figura 5.6 Imagen de un sistema de infrarrojos



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

5.1.10 Puesto para el docente

Cada unidad de simulación incluye una computadora portátil, la cual proporciona la funcionalidad del puesto del docente. La conexión se efectúa por red de internet, siendo posible conectar a un mismo puesto del docente tantas unidades de simulación como se desee. El *software* del puesto del docente permite las siguientes funciones:

- Gestionar la conexión y visualización del estado de cada unidad conectada, sin límite en el número de máquinas por conectar, para el respectivo monitoreo.
- Formalizar una base de datos de los estudiantes asignados a los puestos conectados.
- Tramitar la creación de grupos para la congregación de discentes.
- Formalizar una base de datos de docentes, a fin de asignarlos a los grupos.
- Recibir, organizar y tramitar los informes de ejecución y resultados de cada ejercicio de cada alumno, incluyendo el informe telemétrico de cada pase y todas las capturas de los resultados realizados en el simulador.
- Recoger, organizar y oficiar los informes de resultados de los cuestionarios teóricos
- Poder visualizar cualquier informe en formato HTML desde el navegador web.
- Permitir acceso a todos los informes de cualquier educando, en cualquier momento, aun con los simuladores apagados.
- Proporcionar acceso al editor de cuestionarios teóricos.

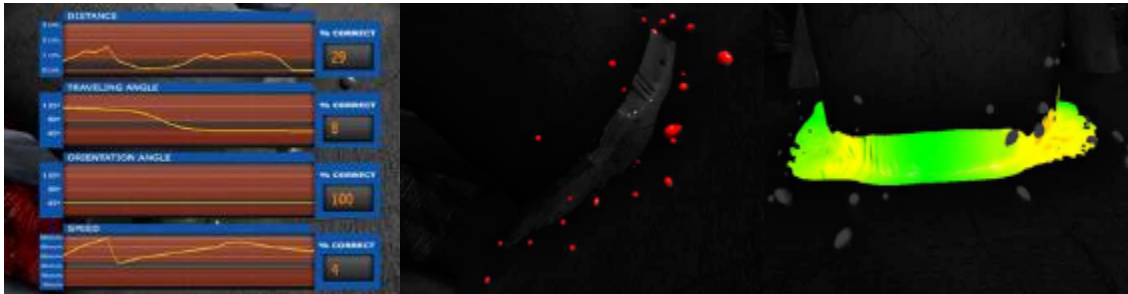
5.1.11 Análisis e informe de resultados

Al terminar cada pase o depósito de soldadura, el sistema muestra un informe telemétrico, con el gráfico numérico de cada parámetro durante la ejecución. El sistema permite cambiar el modo de visualización de la escena virtual en cualquier momento para visualizarla en modos especiales, en los cuales se muestra el análisis de porosidad, penetración, salpicaduras y otros defectos no conseguidos con una simple inspección visual.

En estos modos especiales, se muestran los cordones o depósitos de soldadura mediante escalas de colores, los cuales determinan las zonas del cordón, dónde es correcto el resultado y las zonas en las que no se logra. Además, por cada pase o

cordón terminado, el sistema almacena capturas del informe telemétrico y capturas de imagen del resultado del cordón, desde distintos ángulos, para todos los modos de visualización. Estas capturas se envían al puesto de monitoreo del docente para poder visualizarlas en cualquier momento en formato web y también se encuentran disponibles para su consulta en el simulador.

Figura 5.7 Imágenes de defectos en las soldaduras



Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

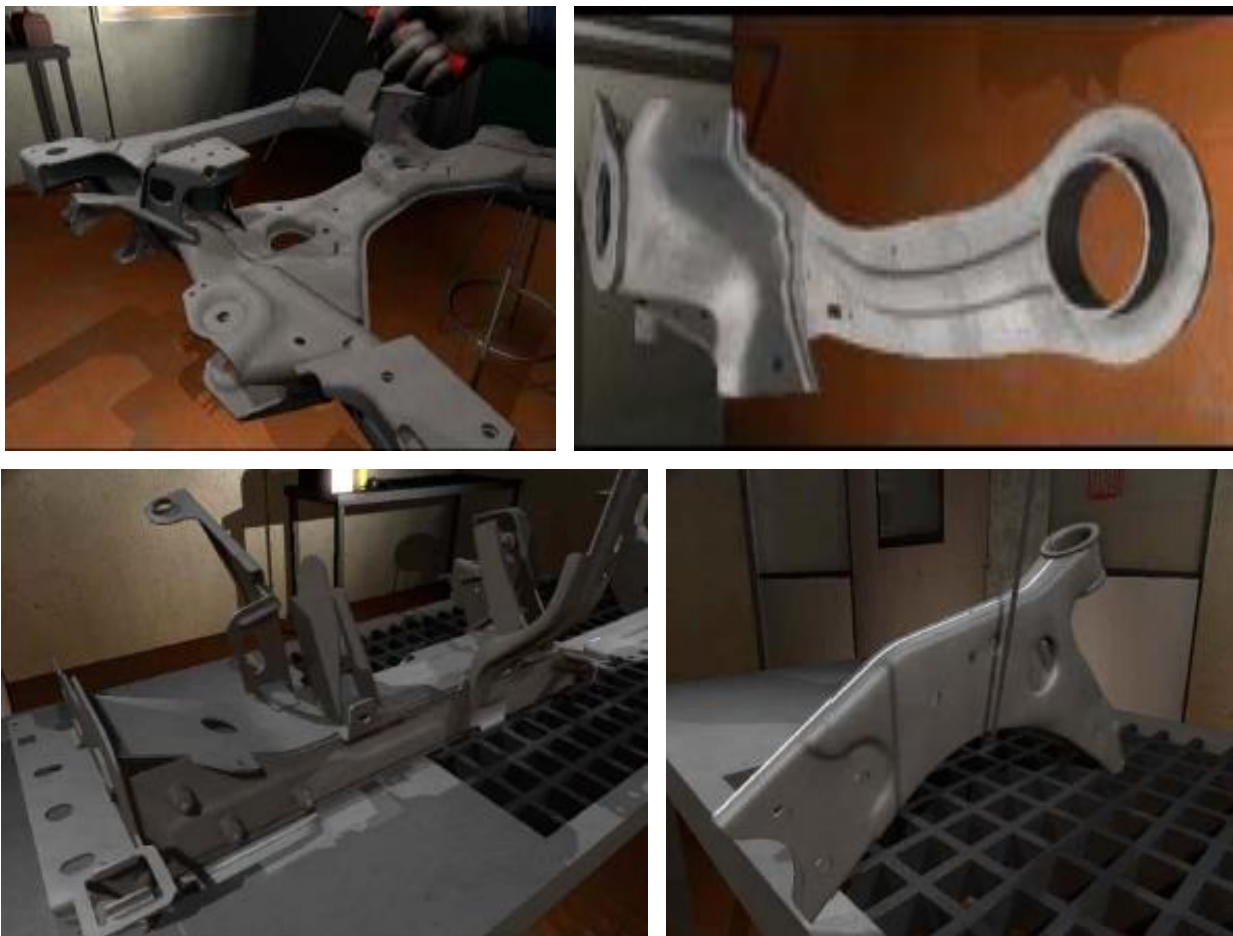
Para cualquier ejercicio efectuado, el sistema almacena una repetición interactiva de la ejecución del mismo, posibilitando al usuario visualizar la acción realizada previamente. Esta repetición es interactiva porque no es un video, más bien el usuario se encuentra en la misma escena virtual del ejercicio, pudiendo moverse por la escena con la misma libertad que en la propia ejecución. Asimismo, puede pausar y rebobinar adelante o atrás la repetición, al punto deseado. De esta forma, la técnica ofrece al usuario la posibilidad de revisar en la misma escena virtual su propia ejecución y observar en primera persona y asimilar los errores cometidos, de una manera imposible de replicar en el método tradicional.

Por lo expuesto, este sistema informático de simulación con realidad virtual integrada ayuda a una mejor preparación en la capacitación de personas físicas en los procesos de soldadura manual: SMAW, GTAW, FCAW y GMAW. Si bien es cierto, estos simuladores se pueden conseguir en el mercado en forma individual, lo más conveniente desde el punto de vista financiero para una entidad educativa, es la adquisición por volumen.

5.1.12 Integración de piezas específicas

Una ventaja de los simuladores de realidad virtual para soldadura es la integración de una función difícil de aplicar en muchas entidades educativas, la cual consiste en la importación a la escena virtual de piezas de cualquier topología y dimensiones, para soldar sobre ellas. Esto permite añadir ejercicios a medida y muy especializados para adiestramientos alternativos en el simulador, los cuales consisten en piezas muy específicas, destinadas a la fabricación de automóviles, barcos, aviones, etc.

Figura 5.8 Imágenes de piezas específicas

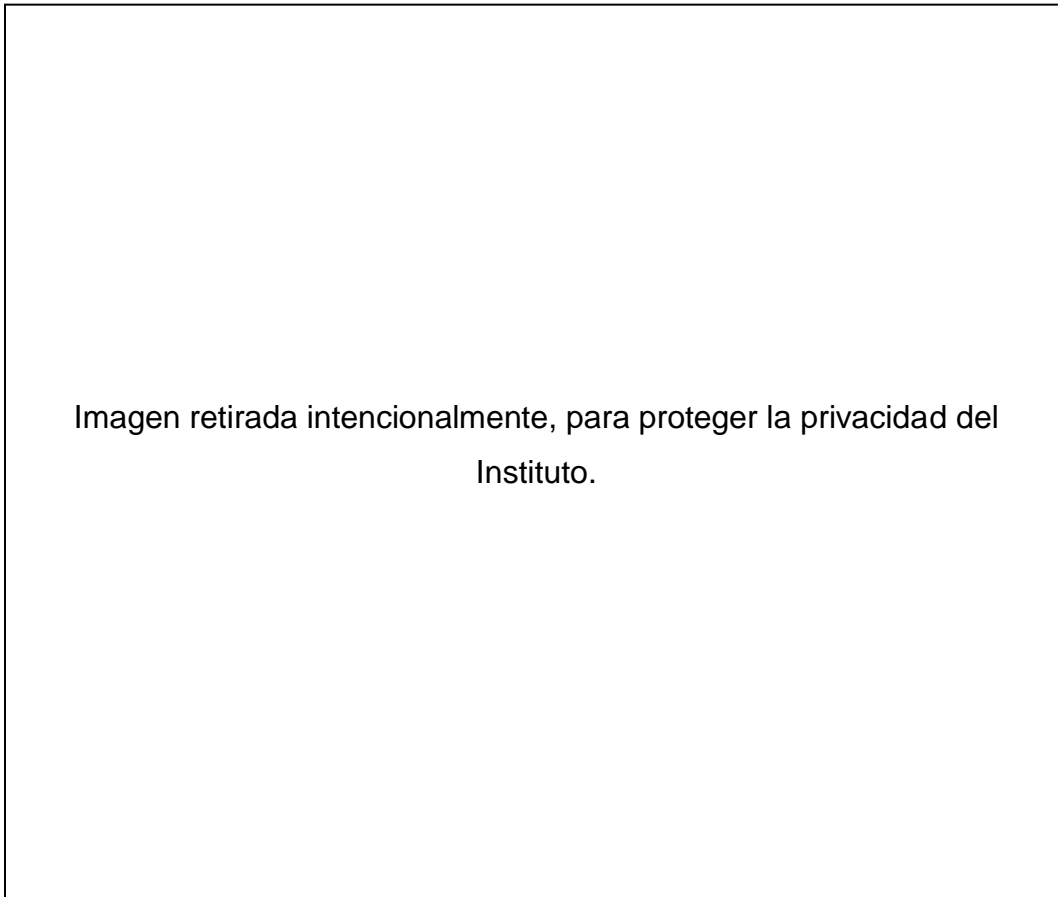


Fuente: Catálogo WELDTRAINER-APOLO STUDIOS S.L.

Cabe mencionar que el consumo de electricidad de un grupo de simuladores de realidad virtual para ejercitar labores de soldeo, es el mismo porcentaje que utiliza cualquier laboratorio de equipos informáticos para trabajar en Word, Inventor, Excel,

Auto-Cad, Power Point, etc., pues el gasto energético es el mismo de cualquier computadora.

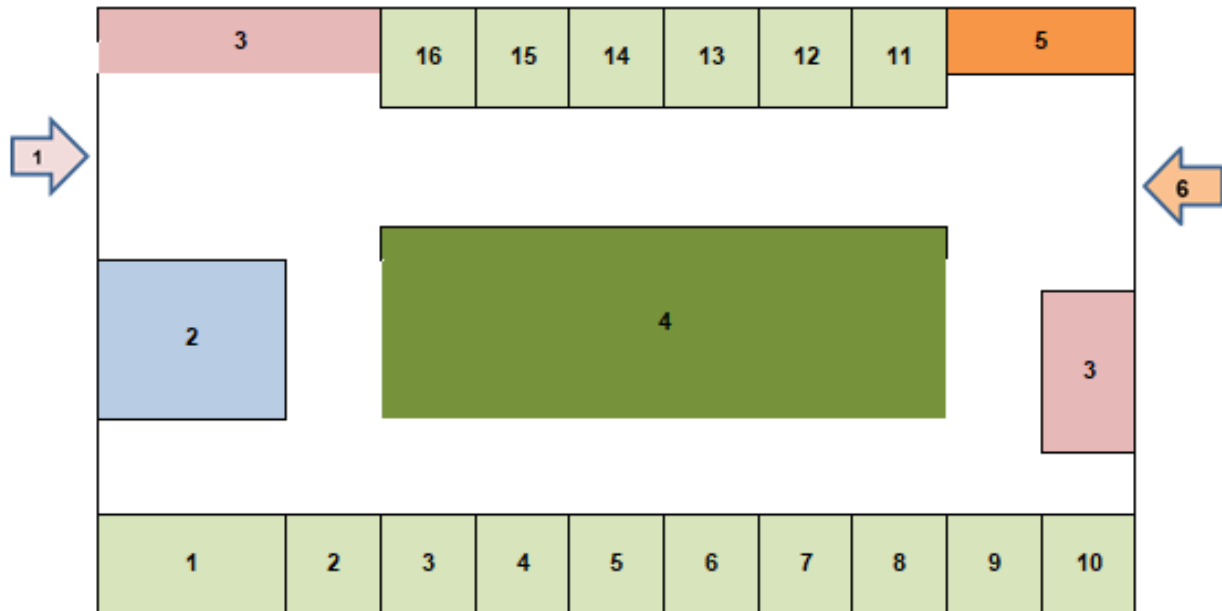
Figura 5.9 Planos originales de los talleres de construcciones metálicas



Fuente: RR.HH., Instituto Técnico para Capacitación en Metalmeccánica

En la siguiente figura se aprecia, mediante una vista de planta, el ordenamiento actual de los cubículos destinados a las prácticas de soldeo de los discentes y el escritorio del docente; los estantes para herramientas; el banco de trabajo común, con prensas metálicas para la preparación de probetas; el estante para materiales; y los puntos de acceso al taller, tanto el peatonal como vehicular. En la actualidad se dispone en cada taller de 16 cubículos o puestos de trabajo para las prácticas de soldadura, luego de haber preparado las respectivas probetas.

Figura 5.10 Croquis de los talleres para el adiestramiento con el método actual



Fuente: Autor

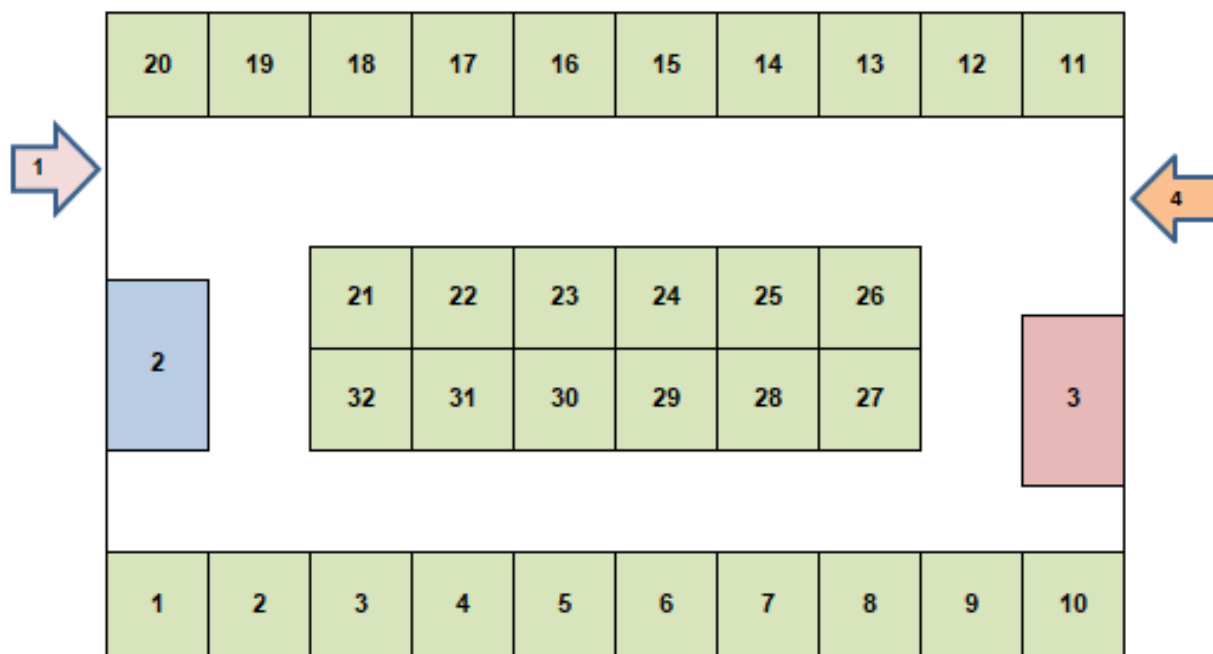
La numeración dentro del croquis anterior simboliza lo siguiente:

1. Acceso peatonal.
2. Escritorio del docente.
3. Paneles de herramientas manuales y eléctricas.
4. Banco de trabajo con prensas metálicas para la preparación de probetas.
5. Estante de materiales para probetas.
6. Acceso vehicular para montacargas.
- 1 a 16. Cubículos individuales para la ejecución de prácticas de soldeo manual.

Las zonas en blanco se consideran pasillos de acceso.

En la figura consecutiva se muestra mediante una vista de planta el posible reordenamiento del taller piloto, según el cual se puede adiestrar simultáneamente a 32 educandos, eliminando del taller los estantes para herramientas eléctricas, los estantes para materiales y el banco de trabajo comunal, con lo que se maximiza el aprovechamiento del espacio físico y el rendimiento eficiente de las horas por invertir en las prácticas de soldeo manual, a fin de conseguir un mayor nivel de expertiz en los entrenamientos de la capacitación.

Figura 5.11 Croquis de talleres para el adiestramiento según la propuesta



Fuente: Autor

La numeración dentro del croquis anterior simboliza lo siguiente:

1. Acceso peatonal.
2. Escritorio del docente con computadora para el monitoreo.
3. Panel para repuestos de simuladores.
4. Acceso vehicular para montacargas.
- 1 a 32. Cubículos individuales para la ejecución de prácticas de soldeo manual.

Las zonas en blanco se consideran pasillos de acceso.

Se concluye que la adquisición de los paquetes de simulación propuestos, también genera beneficios en el aprovechamiento del espacio en los talleres, para el adiestramiento de los estudiantes; pues, ante la posibilidad de duplicar la cantidad de docentes a atender en estas capacitaciones, según se muestra en la figura: 5.11; será más factible hacer frente a la demanda actual. Otra posible opción de aprovechamiento de espacio físico; es ubicar en los espacios sin cubículos mostrados en la figura: 5.10; computadoras de escritorio, para impartir módulos de Auto Cad, Inventor, Excel, Revit, etc.

5.2 SECCIÓN B. CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

En esta sección se muestran algunos cuadros y gráficos a fin de ilustrar las ventajas financieras por obtener para el Instituto Técnico para Capacitación en Metalmecánica y, concretamente, para el Departamento de Construcciones Metálicas, mediante la implementación de la propuesta para cambiar los métodos tradicionales de adiestramiento en los procesos de soldeo manual (en los cuales -según se demuestra a continuación- se invierte gran cantidad de dinero, el cual se puede ahorrar para ser utilizado en tareas más productivas), debido a la adquisición de simuladores de realidad virtual integrada.

De acuerdo con los cuadros expuestos en el capítulo IV, se evidencian en el siguiente cuadro y figura los montos invertidos en insumos consumibles para cada uno de los procesos de soldeo. Cabe señalar que en cada uno de estos montos se incluyen las prendas de vestir y los dispositivos requeridos como equipo de protección personal en los actuales métodos de entrenamiento en soldadura, los cuales, a razón de implementarse esta propuesta, son por completo innecesarios.

En el siguiente cuadro, se recuerda el monto total por consumibles con la ejecución de los módulos con los métodos tradicionales de soldeo manual:

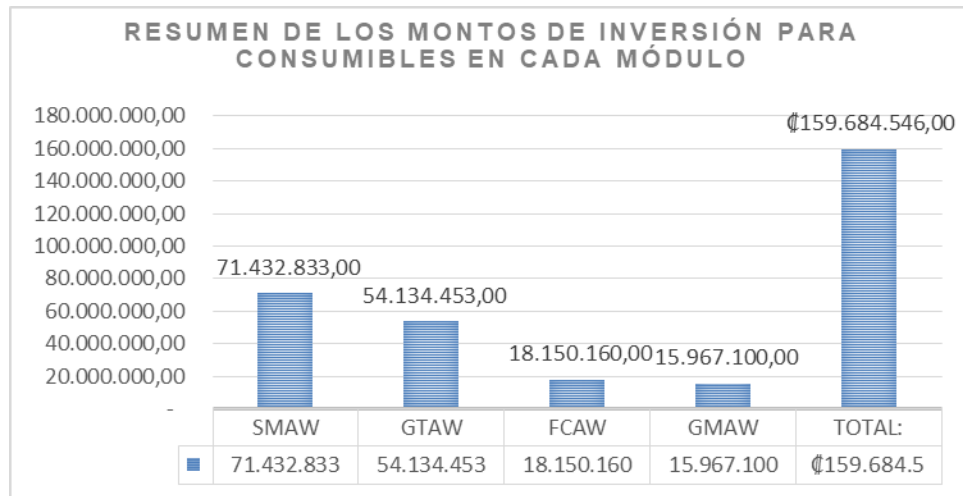
Cuadro 5.1 Montos por consumibles con los métodos tradicionales

Procesos de soldadura manual		
Proceso	Horas	Monto consumibles método tradicional
SMAW	360	71 432 833,00
GTAW	250	54 134 453,00
FCAW	200	18 150 160,00
GMAW	210	15 967 100,00
TOTAL:	1020	159 684 546,00

Fuente: Autor

El total general es de ₡ 159 684 546,00, como se puede apreciar en el siguiente gráfico de barras:

Figura 5.12 Resumen de los montos de inversión en consumibles



Fuente: Autor

El próximo cuadro expone los costos de inversión financiera en colones, correspondientes a la adquisición de 16 simuladores de realidad virtual, para implementar esta proposición en un taller laboratorio piloto:

Cuadro 5.2 Costos por adquisición de simuladores

	Costo unitario	Cantidad de simuladores
	24 000 000,00	16
Costo Total:		384 000 000,00

Fuente: Autor

El siguiente cuadro expresa los costos operativos por depreciación anual y mensual para la adquisición de 16 simuladores, tomando como base el monto total de la inversión de ₡ 384 000 000,00:

Cuadro 5.3 Costos operativos por depreciación de los simuladores

Costos operativos por depreciación			
		Por año	Por mes
5 años	384 000 000,00	76 800 000,00	6 400 000,00
Unitario	24 000 000,00	4 800 000,00	400 000,00

Fuente: Autor

A continuación, se presentan los porcentajes y montos de inversión por consumibles y EPP, en relación con la cantidad de horas destinadas para cada módulo:

Cuadro 5.4 Montos invertidos por consumibles con el método tradicional

Proceso	Horas	Porcentaje	Monto
SMAW	360	35,29 %	56 359 251,53
GTAW	250	24,51 %	39 138 369,12
FCAW	200	19,61 %	31 310 695,29
GMAW	210	20,59 %	32 876 230,06
TOTAL:	1020	100,00 %	159 684 546,00

Fuente: Autor

En el cuadro 5.5 se ilustra la relación en cuanto a la inversión por los simuladores:

Cuadro 5.5 Monto por invertir en simuladores

Proceso	Horas	Porcentaje	Monto
SMAW	360	35,29 %	27 105 882,35
GTAW	250	24,51 %	18 823 529,41
FCAW	200	19,61 %	15 058 823,53
GMAW	210	20,59 %	15 811 764,71
TOTAL:	1 020	100,00 %	76 800 000,00

Fuente: Autor

En el cuadro y figura siguientes, se esboza un comparativo entre montos por consumibles (incluye EPP), adquisición de los simuladores y monto por ahorro por conseguir, lo cual suma un total de ₡ 438 422 730,00, resultado que se calcula entre la diferencia del monto actual por consumibles versus el monto de adquirir los 16 paquetes de simuladores.

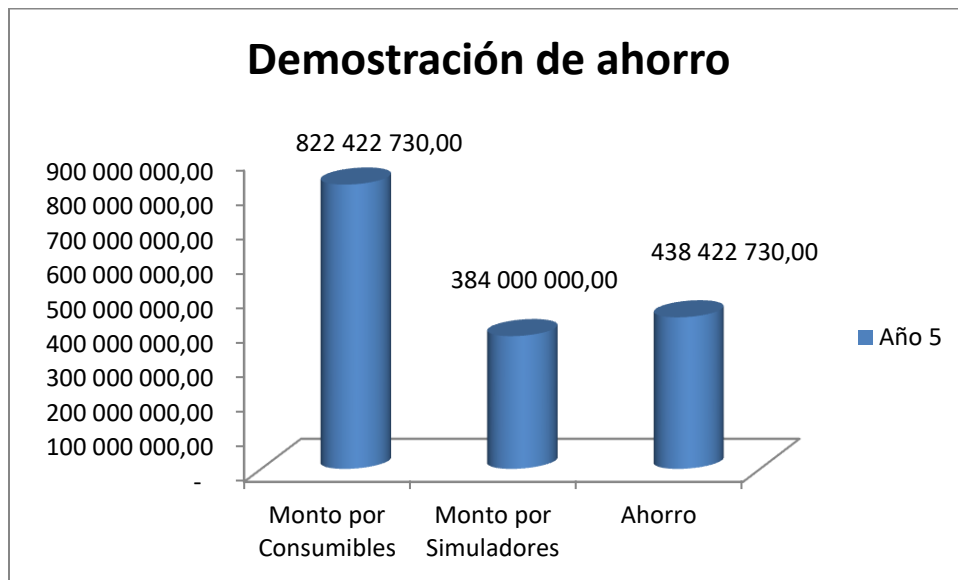
Cuadro 5.6 Comparativo de montos por consumibles y ahorro por adquisición de simuladores

	Monto por consumibles	Simulador	Ahorro
Año 1	159 684 546,00	384 000 000,00	
Año 2	159 684 546,00		
Año 3	159 684 546,00		
Año 4	159 684 546,00		
Año 5	159 684 546,00		
	822 422 730,00	384 000 000,00	438 422 730,00
	Monto por consumibles	Simuladores	Ahorro
Año 5	822 422 730,00	384 000 000,00	438 422 730,00

Fuente: Autor

Este ahorro entre ambas metodologías (tradicional versus realidad virtual) se puede apreciar de mejor manera en el siguiente gráfico de barras:

Figura 5.13 Gráfico demostrativo del ahorro



Fuente: Autor

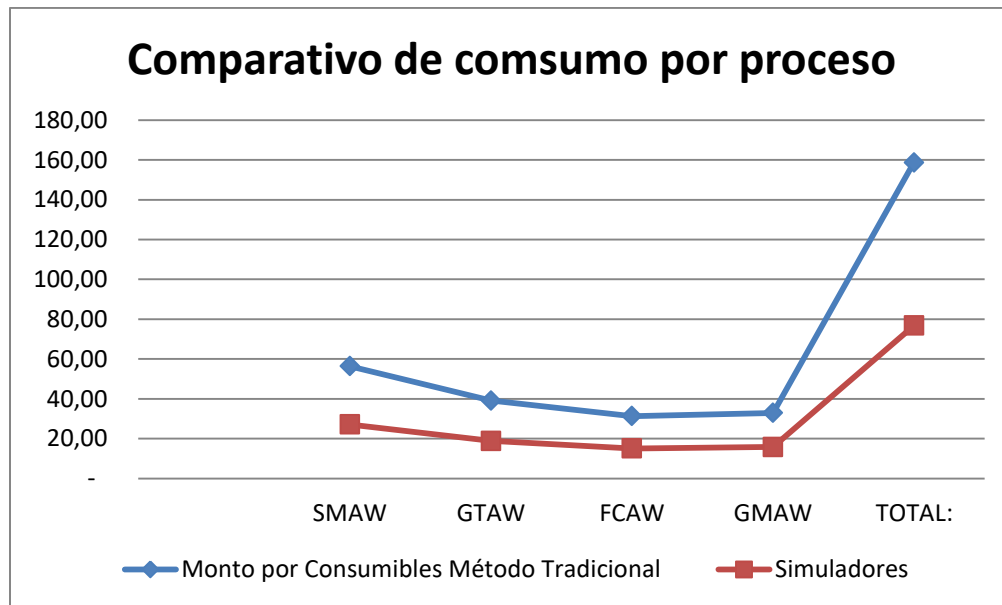
El siguiente cuadro y figura evidencian el resumen y comparación, en millones de colones, entre el actual método de adiestramiento para soldadores y el ahorro por obtener con la implementación de la propuesta de realidad virtual:

Cuadro 5.7 Resumen en millones de colones de ambos métodos

Proceso	Monto consumibles método tradicional	Simuladores
SMAW	56,36	27,10
GTAW	39,13	18,82
FCAW	31,31	15,06
GMAW	32,88	15,82
TOTAL:	158,68	76,80

Fuente: Autor

Figura 5.14 Gráfico comparativo de consumo por proceso



Fuente: Autor

En este cuadro se exhibe el porcentaje comparativo de depreciación por hora, en dependencia de la cantidad de horas destinadas para cada módulo.

Cuadro 5.8 Comparativo del porcentaje de depreciación por hora

Impartiendo un módulo al mes					
				Cantidad de educandos	
Proceso		Depreciación mensual		16	
	Porcentajes	6 400 000,00	Horas x módulo		Costo por hora
SMAW	35,29%	2 258 560,00	360	141 160,00	392,11
GTAW	24,51%	1 568 640,00	250	98 040,00	392,16
FCAW	19,61%	1 255 040,00	200	78 440,00	392,20
GMAW	20,59%	1 317 760,00	210	82 360,00	392,19

Fuente: Autor

Si se presenta la opción de impartir seis módulos consecutivos (cantidad variable), estos son los porcentajes correspondientes:

Cuadro 5.9 Comparativo del porcentaje de depreciación por seis módulos

Proceso		Depreciación mensual		
	Porcentajes	6 400 000,00	Horas x módulo	Costo por hora
SMAW	35,29 %	2 258 560,00	2 160	1 045,63
GTAW	24,51 %	1 568 640,00	1 500	1 045,76
FCAW	19,61 %	1 255 040,00	1 200	1 045,87
GMAW	20,59 %	1 317 760,00	1 260	1 045,84

Fuente: Autor

Mientras en el próximo cuadro se enfoca el comparativo de los porcentajes por módulo, según la cantidad de estudiantes:

Cuadro 5.10 Comparativo de porcentaje por módulo

Por módulo				
			Cantidad de educandos	Por hora
Proceso	Horas	Monto por consumibles	16	
		Método tradicional	Monto por consumibles método tradicional/cantidad de discentes	
SMAW	360	71 432 833,00	4 464 552,06	12 401,53
GTAW	250	54 134 453,00	3 383 403,31	13 533,61
FCAW	200	18 150 160,00	1 134 385,00	5 671,93
GMAW	210	15 967 100,00	997 943,75	4 752,11
TOTAL:		159 684 546,00		

Fuente: Autor

Los siguientes cuadro y figura expresan el comparativo de costos financieros por hora, para cada uno de los módulos de soldeo manual.

Cuadro 5.11 Comparativo de costos

Proceso	Costo por hora	
SMAW	392,11	12 401,53
GTAW	392,16	13 533,61
FCAW	392,20	5 671,93
GMAW	392,19	4 752,11

Fuente: Autor

Figura 5.15 Comparativo de costos por hora



Fuente: Autor

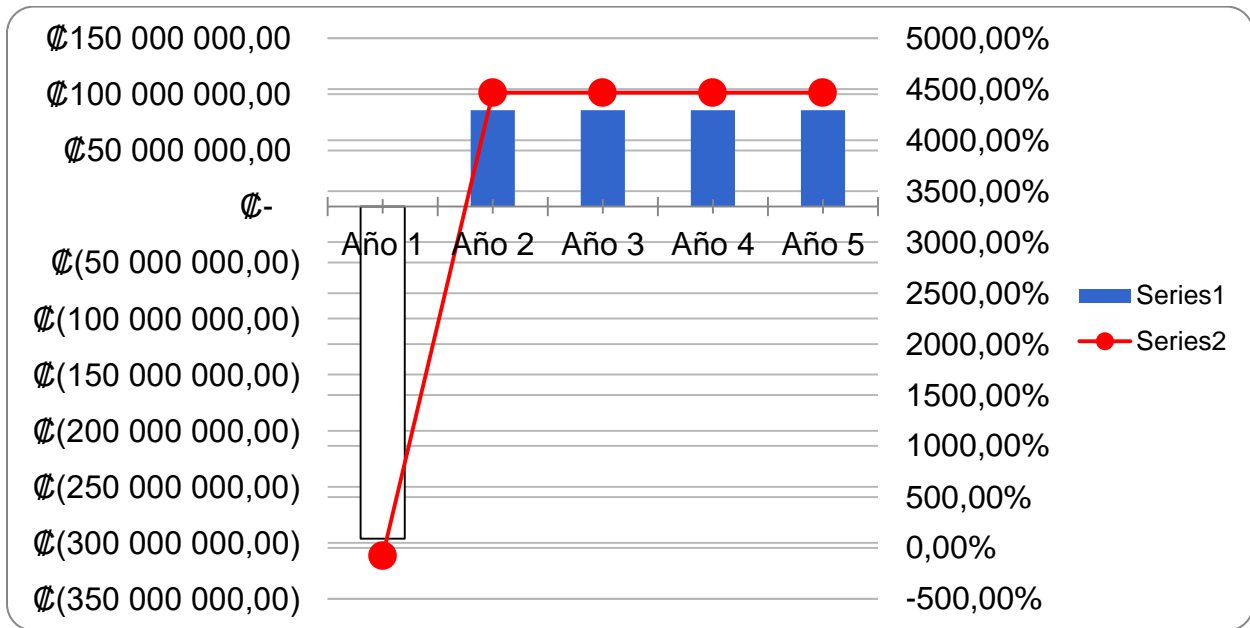
Se considera fundamental la representación gráfica del retorno de la inversión; por tanto, en los siguientes cuadro y figura, se evidencia el retorno de la inversión:

Cuadro 5.12 Cálculo de retorno de la inversión

Cálculo de retorno de inversión (ROI)-a 5 años						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Inversión	₡ 384 000 000,00	₡ 1 920 000,00	₡ 1 920 000,00	₡ 1 920 000,00	₡ 1 920 000,00	₡ 391 680 000,00
Ahorro	₡ 87 684 546,00	₡ 87 684 546,00	₡ 87 684 546,00	₡ 87 684 546,00	₡ 87 684 546,00	₡ 350 738 184,00
ROI (₡)	-₡296 315 454,00	₡ 85 764 546,00	₡ 85 764 546,00	₡ 85 764 546,00	₡ 85 764 546,00	-₡ 40 941 816,00
ROI (%)	-77,17 %	4 466,90 %	4 466,90 %	4 466,90 %	4 466,90 %	-10,45 %

Fuente: Autor

Figura 5.16 Gráfico sobre el retorno de la inversión



Fuente: Autor

Otros indicadores financieros relevantes de mencionar por ser considerados parámetros de mucha utilidad a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto, son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Estas cuantificaciones se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro 5.13 Flujo de inversiones del proyecto

Año de operación	Ahorro x año	Inversiones para el proyecto		Flujo neto de efectivo
		Egresos totales	Fija Mantenimiento	
0				
1	₪ 87 684 546,00	384 000 000,00	1 920 000,00	-298 235 454,00
2	₪ 87 684 546,00	-	1 920 000,00	85 764 546,00
3	₪ 87 684 546,00	-	1 920 000,00	85 764 546,00
4	₪ 87 684 546,00	-	1 920 000,00	85 764 546,00
5	₪ 87 684 546,00	-	1 920 000,00	85 764 546,00

Fuente: Autor

Cuadro 5.14 Cálculo de VAN y TIR

Año de operación	Costos totales (₪)	Beneficios totales (₪)	Factor de actualización 5,0%	Costos actualizados (₪)	Beneficios actualizados (₪)	Flujo neto de efectivo (₪)
0	0	0	1,000	0,00	0,00	0,00
1	385 920 000	87 684 546	0,952	367 542 857,14	83 509 091,43	-284 033 765,71
2	1 920 000	87 684 546	0,907	1 741 496,60	79 532 468,03	77 790 971,43
3	1 920 000	87 684 546	0,864	1 658 568,19	75 745 207,64	74 086 639,46
4	1 920 000	87 684 546	0,823	1 579 588,75	72 138 293,00	70 558 704,24
5	1 920 000	438 422 730	0,784	1 504 370,24	68 703 136,19	67 198 765,95
Total	391 680 000			374 026 880,92	379 628 196,28	5 601 315,36

Fuente: Autor

Cuadro 5.15 Indicadores financieros que arroja el proyecto

VAN =	5 601 315,36	Se acepta
TIR =	5,85%	Se acepta
B/C =	1,01	Se acepta

Fuente: Autor

Se considera que la culminación de este proyecto, a razón de ser autorizado, se puede ejecutar en un plazo no mayor a 74 días laborales, este es un periodo cercano a cinco meses calendario.

En la siguiente ilustración se presentan, mediante un diagrama de Gantt, las posibles fechas de realización para el próximo año 2020, las cuales pueden ser desde el día 13 enero al día 5 de mayo. En este mismo diagrama se propone el orden de las

actividades por ejecutar para el logro de la implementación de este proyecto; se incluyen también la cantidad de días laborales y las posibles fechas asignables para la realización de cada una de las tareas por cumplir.

Figura 5.17 Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta



Fuente: Autor

Como se puede apreciar en el diagrama de Gantt anterior, se estima que la implementación tiene una duración de cuatro meses, y está prevista para iniciar en el mes de enero del año 2020.

5.3 SECCIÓN C. PLAN DE CONTINGENCIA

Los simuladores de realidad virtual para el adiestramiento de soldadores en los procesos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW, están diseñados con programas integrados dentro de su propio sistema individual, para la ejecución de las prácticas de soldadura en las probetas virtuales. Por consiguiente, para su utilización no requieren de conexión a internet, lo cual reduce en gran medida los posibles fallos de señal; en consecuencia, solo deben contar con acceso a la red una o dos veces al año para recibir mantenimiento y/o actualización del *software* por parte del fabricante o proveedor.

Entre las eventualidades de falla por considerar, están:

5.3.1 Suspensión del fluido eléctrico

Ante esta contingencia, se considera de vital importancia disponer de una unidad de UPS (*Uninterruptible Power System*) o unidad de energía ininterrumpida, la cual cuenta con un rectificador de corriente; una batería interna; un inversor para convertir la corriente continua de la batería en corriente alterna, adecuada para alimentar a los equipos conectados a la salida de la unidad UPS; y un conmutador de dos posiciones, para permitir la conexión de la salida con la entrada de la unidad UPS. El costo de una unidad UPS, para alimentación de emergencia de los 16 simuladores, más la computadora portátil del docente; es tan sólo de ₡ 60.000:00 colones.

En la siguiente figura, se muestra una UPS a manera de ejemplo:

Figura 5.18. Imagen de una unidad de energía ininterrumpida



Fuente: Wikipedia

El propósito de esta unidad es mantener la alimentación eléctrica para los simuladores durante un periodo promedio de 20 minutos, con el fin de que los usuarios puedan guardar la información de las prácticas efectuadas.

5.3.2 Deterioro involuntario de alguno de los accesorios

Cualquier desperfecto ocasionado a los componentes del simulador se debe reportar de inmediato al proveedor y si la pieza de repuesto se encuentra en el país, su reposición puede efectuarse en cuestión de horas, lo anterior porque los proveedores procuran mantener cierto nivel de inventario de repuestos, pero si por el contrario el repuesto debe importarse, su reposición tarda en promedio 15 días hábiles, sobre todo por los trámites aduanales.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

Entre las principales conclusiones derivadas del desarrollo de este proyecto de investigación, principalmente de todos los elementos expuestos en el capítulo IV, referentes al método tradicional de capacitación y entrenamiento de técnicos con experiencia y habilidad en los procesos de soldeo manual SMAW, GTAW, FCAW y GMAW, se determinan los siguientes factores:

- Ahorro masivo de costes.
- Entorno seguro de trabajo.
- Productividad muy superior al método tradicional de adiestrar soldadores.
- Gran atractivo para nuevos soldadores.
- Eficacia probada.
- Técnicas de aprendizaje no posibles con el método tradicional.
- Control de la evolución del educando.
- Ecológico.
- Aumento del aprovechamiento del espacio en los talleres.

En conclusión, se evidencia que la propuesta de implementar las nuevas tecnologías del mercado de realidad virtual para la ejecución de los programas de soldeo mediante simulación es rentable y eficiente para la institución y los estudiantes.

Recomendaciones

- Entre las principales recomendaciones de este proyecto, está asignar las tareas de ejecución de reordenamiento del taller laboratorio a un docente de la institución, junto con un grupo de discentes, quienes en su momento estén llevando a cabo algún módulo de capacitación propio de la especialidad de construcciones metálicas.
- De igual forma, se aconseja asignar la labor de la nueva instalación eléctrica del taller laboratorio a un docente con un grupo de estudiantes quienes en su momento estén ejecutando algún módulo atinente a dicha labor.

- Otra recomendación de suma importancia, es efectuar un estudio sobre la oferta y la demanda, de los módulos de adiestramiento en los procesos de soldadura manual, en todos los centros del país, en los cuales opera este instituto; a fin de determinar la necesidad de equipar los talleres-laboratorio, con 32 simuladores de realidad virtual, para este tipo de capacitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

Ausburn, L. y Ausburn, F. (2004). *Efectos de la realidad virtual de escritorio, en el rendimiento de los alumnos y la confianza en el dominio del entorno: apertura de una línea de consulta*. Estados Unidos: Oklahoma State University.

Barrantes, R. (2205). *Investigación: un camino al conocimiento*. Costa Rica: EUNED.

Casley, D. y Lury, D. (1987). *Data Collection in Developing Countries*, (2° ed.). Oxford, Clarendon.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

Stone, R. y Watts, K. y Zhong, K. (2018). *Realidad virtual integrada al entrenamiento de soldadores*. Estados Unidos: Iowa State University. Recuperado de: www.lincolnelectric.com

Revistas:

Niebles, E. y Arnedo, W. (2008). Procedimientos de soldadura y calificación de soldadores: una propuesta de enseñanza y guía de aplicación para la industria. *Información Tecnológica*, 20(3), 19-30.

Fuentes de Internet:

Agenda de capacitaciones. (s.f.). Recuperado de: <http://www2.inti.gob.ar/ofertaCapacitaciones/resultados.jsp?idSubCategoria=26&idCategoria=4&descSubCategoria=T#>

Carrizo, J. (2017). *FODA o DAFO, una herramienta de planificación estratégica que esconde grandes desafíos*. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/foda-dafo-una-herramienta-planificacion-estrategica-esconde-grandes-desafios/>

Cutiño, E. (s.f.). *Conceptos fundamentales de la tecnología en soldadura*. Recuperado de: <https://www.monografias.com/docs115/conceptos-fundamentales-tecnologia-soldadura/conceptos-fundamentales-tecnologia-soldadura.shtml>

De Máquinas y Herramientas. (2018). *¿Cómo son las soldadoras con preseteo automático y para qué sirven?* Recuperado de: <https://www.demaquinasyherramientas.com/category/soldadura>

FRONIUS. (s.f.). *Tecnología de soldadura*. Recuperado de: <https://www.fronius.com/es/latin-america/tecnologia-de-soldadura>

Guerrero, D. (2018). *Aproximación de duración de actividades y desarrollo del cronograma*. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3591>

Interempresas. (s.f.). *Soldadura para procesos especiales*. Recuperado de: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Productos/Soldadura-para-procesos-especiales.html>

Lifeder. (s.f.). *Suavizamiento exponencial: método y ejemplo*. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/suavizamiento-exponencial/>

Lincoln Electric. (s.f.). *Control de humos de soldadura*. Recuperado de: <https://www.lincolnelectric.com/es-mx/equipment/weld-fume-control/Pages/weld-fume-control-equipment.aspx>

Lincoln Electric. (s.f.). *Escuela de soldadura Lincoln Electric*. Recuperado de:
<https://www.lincolnelectric.com/es-mx/education-center/welding-school/Pages/welding-school.aspx>

Martínez, Y. (s.f.). *Métodos y sistemas*. Recuperado de:
<https://www.ingeneriademetodos.com/métodos-y-sistemas-trab/>

Martínez, Y. (s.f.). *Simulación industrial*. Recuperado de:
<https://www.ingeneriademetodos.com/simulación-industrial/>

Sales, M. (2002). *Diagrama de Pareto*. Recuperado de:
<https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-pareto/>

Soldamatic. (s.f.). *Centro de formación*. Recuperado de:
<http://www.soldamatic.com/es/centros-de-formacion/>

Soldamatic. (s.f.). *Gobiernos de instituciones*. Recuperado de:
<http://www.soldamatic.com/es/gobiernos-instituciones/>

Soldamatic. (s.f.). *Profesores de soldadura*. Recuperado de:
<http://www.soldamatic.com/es/profesores-de-soldadura/>

Tech Simulation. (s.f.). *Descripción general*. Recuperado de:
<http://www.etechnsimulation.com/index.php/simulacion/descripcion-general>

Tech Simulation. (s.f.). *Venta*. Recuperado de:
<http://www.etechnsimulation.com/index.php/simulacion/ventajas>

Universitat Politècnica de Catalunya. (s.f.). *Browsing Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria*. Recuperado de:
Metal-lúrgica <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95887/browse?type=subje>

ct&value=2205.+Mec%C3%A1nica+-+2213.+Termodin%C3%A1mica+-
+3315.+Tecnología+metal%C3%BArgica+-+3316.+Tecnología+de+productes

Vision Industrial. (2017). *Cómo realizar un análisis FODA, y su importancia en la toma de decisiones.* Recuperado de:
<http://www.visionindustrial.com.mx/industria/desarrollo-organizacional-3027/como-realizar-un-analisis-foda-y-su-importancia-en-la-toma-de-decisiones>

Wikimedia. (2015). *Diagrama de Ishikawa.* Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa

ANEXOS Y APÉNDICES

APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

8.1 Definiciones de acrónimos

AWS: *American Welding Society* (Sociedad Americana de Soldadura)

ASME: *American Society Mechanical Engineers* (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

SMAW: *Shielded Metal Arc Welding* (soldadura por arco metálico protegido)

GMAW: *Gas Metal Arc Welding* (soldadura por arco metálico con protección de gas)

GTAW: *Gas Tungsten Arc Welding* (soldadura por arco de tungsteno con protección de gas)

SAW: *Submerged Arc Welding* (soldadura por arco sumergido)

OFW: *Oxygen Fuel Gas Welding* (soldadura por oxicombustible)

CAW: *Welding with Arc of Coal* (soldadura con arco de carbón)

FCAW: *Welding of Arc with Nucleus Founds* (soldadura por arco con núcleo de fundente)

PAW: *Arch Welding with Plasm* (soldadura por arco con plasma)

8.2 Definiciones de términos

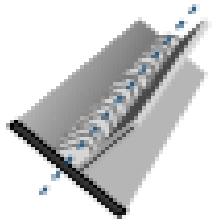
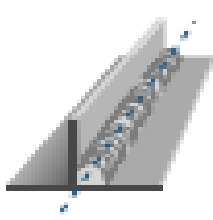
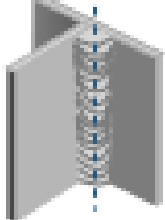
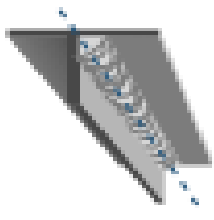

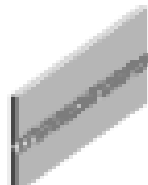
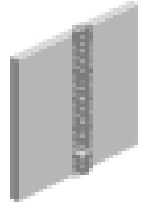
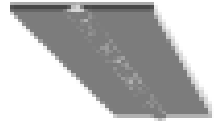



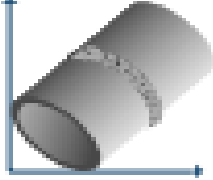
Factor de operación: Es la relación entre el tiempo efectivo depositando metal de soldadura y el tiempo total laborado para concluir la tarea; estos tiempos se pueden contabilizar en minutos u horas.

Figura 8.1 Ilustración sobre las posiciones de soldadura según AWS

TEMAS GENERALES DE SOLDADURA

POSICIONES EN SOLDADURA

Designación de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:2001

Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabera
Uniones de filete			
 <p>1F</p>	 <p>2F</p>	 <p>3F</p>	 <p>4F</p>
Uniones biseladas			
 <p>1G</p>	 <p>2G</p>	 <p>3G</p>	 <p>4G</p>
Uniones de tuberías			
<p>La tubería se rota mientras se suelda</p>  <p>1G</p>	 <p>2G</p>	<p>La tubería no se rota mientras se suelda</p>  <p>5G</p>	 <p>6G</p>

ANEXO 1: Programa de Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW)

Objetivo General: Aplicar conocimientos técnicos del proceso: Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW), para la realización de trabajos de unión en aceros de bajo carbono, fundiciones ferrosas, aceros inoxidables, aluminio y aleaciones de cobre.

Objetivos específicos	Contenidos	Situaciones de enseñanza y aprendizaje	Evaluación de los aprendizajes	Horas
1. Mostrar actitudes positivas de orden, atención, responsabilidad e interés en la formación.	1.1 Actividades introductorias: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Información general del programa. ▪ Presentación: docente y participantes. ▪ Documento para participantes. 1.2 Normas de trabajo en clase.	- Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Dinámica de presentación. - Lluvia de ideas.	- Analiza documento para participantes. - Respeto las normas de ética en las labores diarias. - Muestra actitud positiva ante las directrices giradas.	4
2. Trabajar en ambientes limpios y ordenados, a fin de obtener condiciones óptimas, para evitar accidentes y enfermedades laborales.	2.1 Orden y limpieza en el lugar de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herramientas de filosofía 5S. ▪ Seguridad en puesto de trabajo. ▪ Prevención de accidentes. ▪ Cuidado y mantenimiento del equipo y herramientas de trabajo. 	- Desarrollo de actividades: - Caminemos al mismo compás; - Apoyémonos; Armar y desarmar. - Lluvia de ideas.	- Trabaja en ambientes limpios y ordenados. - Obtiene condiciones óptimas para evitar accidentes y enfermedades laborales.	4
3. Describir los fundamentos tecnológicos aplicados al proceso SMAW para su posterior aplicación.	3.1 Concepto y clasificación de SMAW. 3.2 Fuentes de poder: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características. ▪ Funcionamiento. ▪ Utilización. ▪ Mantenimientos. ▪ Aspectos de seguridad. ▪ Norma NEMA 3.3 Instalación de la fuente a red primaria. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductores y aisladores eléctricos. ▪ La polaridad en un circuito eléctrico. 3.4 Regulación del equipo para soldadura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Defectos de la soldadura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosidades. ▪ Falta de penetración. ▪ Socavación. ▪ Fusión incompleta. 	-Exposición dialogada. -Lectura comentada. -Método de casos. -Trabajo en subgrupos. -Trabajo individual.	-Describe fundamentos tecnológicos acerca del proceso SMAW. -Interpreta concepto y clasificación de la soldadura. -Reconoce los tipos de máquinas y sus características. -Interpreta circuitos y polaridades. -Describe aspectos de intervención en la regulación del equipo según amperajes y polaridad. -Identifica las características físicas que presentan los defectos de la soldadura. -Relaciona la tecnología de los aceros con la soldadura en el comportamiento de las piezas soldadas. -Determina las normas internacionales	26

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inclusiones de escoria. ▪ Efecto del sople magnético. <p>3.5 Deformaciones por contracción y dilatación en las juntas soldadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Normas internacionales sobre procesos de soldadura: AWS, ASTM, ASME. ▪ Electrodo revestidos: especificación, clasificación, preservación, según AWS. <p>3.6 Simbología según la AWS.</p>		<p>relacionadas a los procesos de soldadura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Valoriza la utilidad de los electrodos y su clasificación, así como la preservación y cuidados según la norma AWS. -Describe la simbología normada de la soldadura según A WS. 	
4. Depositar soldaduras en posición 1G, con el proceso SMAW, sobre acero de bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.	<p>4.1 Verificación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El puesto de trabajo: ▪ Fuentes de poder. <p>4.2 Corte de láminas 200 X 200 X 4 mm.</p> <p>4.3 Instalación y regulación de la máquina:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y polaridad. <p>4.4 Juntas a soldar en posición plana:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Encendido del arco. ▪ Depósito de cordones. ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Ángulos de avance. <p>4.5 Recargues:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Superficies planas. ▪ Superficies cilíndricas. <p>4.6 Juntas a tope en pletina de 6mm.</p> <p>4.7 Aplica normas de seguridad ocupacional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Exposición dialogada. -Demostración. -Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Revisa estado de cables eléctricos. -Ordena las herramientas y equipo. -Selecciona y utiliza los equipos de protección personal. -Toma en cuenta los trabajos a realizar, a fin de preparar puesto de trabajo. Instala y conecta la fuente a la red. -Regula el equipo según intensidad, tensión y polaridad. -Deposita soldaduras en posición 1G sobre acero de bajo carbono. -Selecciona electrodo a utilizar. -Prepara las probetas para realizar junta a tope de las piezas a soldar según especificaciones técnicas. -Aplica normas respectivas de salud y seguridad ocupacional. 	40
5. Identificar los tipos de corrientes y polaridades utilizadas en máquinas para soldeo proceso SMAW.	<p>5.1 Tipos de corriente eléctrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ AC. ▪ DC (-). ▪ DC (+). 	<ul style="list-style-type: none"> -Exposición dialogada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Identifica la importancia de la utilización de la corriente y polaridad. -Diferencia los tipos de corriente. -Selecciona el tipo de corriente según el electrodo por utilizar. 	1
6. Reconocer las posiciones normadas en juntas de filete, utilizadas en fabricación	<p>6.1 Posiciones normalizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1F. ▪ 2F. ▪ 3F. 	<ul style="list-style-type: none"> -Exposición dialogada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reconoce las posiciones normadas en juntas de filete. -Identifica según los ángulos de sus ejes. 	1

de estructuras.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4F. 			
7. Distinguir las diferentes partes de una unión soldada en filete (nomenclatura).	<p>7.1 Partes de una junta en filete:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Raíz. ▪ Cara de la soldadura. ▪ Garganta real. ▪ Profundidad de la fusión. ▪ Cateto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Exposición dialogada. -Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Distingue las partes de una unión soldada en filete. -Utiliza la nomenclatura técnica aceptada para ello. 	1
8. Realizar depósitos de soldadura en posición (1F) de acuerdo a las normas establecidas.	<p>8.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>8.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. <p>8.3 Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos. <p>8.4 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> -Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras. -Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Prepara probetas según dimensiones normalizadas. -Regula el equipo según es requerido. -Deposita cordones de soldadura en posición (1F). -Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS). 	25
9. Identificar defectos externos e internos y causas en las soldaduras de filete y plancha según las normas AWS D 1.1, ASME IX y API 1104.	<p>9.1 Defectos externos de la soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exceso y falta de material. ▪ Socavación. ▪ Indicaciones (reales y falsas). ▪ Discontinuidades. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Poros. ▪ Sobrecalentamiento. <p>9.2 Defectos internos de la soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosidad tubular, esférica. ▪ Falta de fusión. ▪ Falta de penetración. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Templabilidad del metal. ▪ Causas y consecuencias. ▪ Criterios de aceptación de defectos, 	<ul style="list-style-type: none"> -Exposición dialogada. Acerca de los defectos en soldadura, las causas de estos defectos y consecuencias que pueden traer a futuro. -Demostración. -Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Identifica defectos en soldaduras realizadas. -Analiza su apariencia externa e interna. -Aplica criterios de aceptación de los defectos según API, AWS y ASME. 	4

	según ASME, API, AWS.			
10. Realizar depósito de soldadura en posición 2F de acuerdo a las normas establecidas.	<p>10.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>10.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos. <p>10.3 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<p>- Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>- Regula el equipo según es requerido.</p> <p>- Deposita cordones de soldadura en posición (2F).</p> <p>- Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p>	25
11. Identificar defectos externos e internos y causas en las soldaduras de filete y plancha según las normas AWS D 1.1, ASME IX y API 1104.	<p>11.1 Defectos externos de la soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exceso y falta de material. ▪ Socavación. ▪ Indicaciones (reales y falsas). ▪ Discontinuidades. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Poros. ▪ Sobrecalentamiento. <p>11.2 Defectos internos de la soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosidad tubular, esférica. ▪ Falta de fusión. ▪ Falta de penetración. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Templabilidad del metal. ▪ Causas y consecuencias. ▪ Criterios de aceptación de defectos, según ASME, API, AWS. 	<p>- Exposición dialogada. Acerca de los defectos en soldadura, las causas de estos defectos y consecuencias que pueden traer a futuro.</p> <p>- Demostración.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Identifica defectos en soldaduras realizadas.</p> <p>- Analiza su apariencia externa e interna.</p> <p>- Aplica criterios de aceptación de los defectos según API, AWS y ASME.</p>	4
12. Realizar depósito de soldadura en posición 2F de acuerdo a las normas establecidas.	<p>12.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>12.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. 	<p>- Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>- Regula el equipo según es requerido.</p> <p>- Deposita cordones de soldadura en posición 2F.</p> <p>- Ejecuta el proceso en condiciones</p>	25

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación de ángulos. <p>12.3 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. 		óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS).	
13. Realizar depósito de soldadura en posición 3F, de acuerdo a las normas establecidas.	<p>13.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>13.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntado. ▪ Verificación de ángulos. ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<p>- Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>- Regula el equipo según es requerido.</p> <p>- Deposita cordones de soldadura en posición 3F.</p> <p>- Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p>	25
14. Realizar depósito de soldadura en posición 4F, de acuerdo a las normas establecidas.	<p>14.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>14.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntado. ▪ Verificación de ángulos. ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<p>- Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>- Regula el equipo según es requerido.</p> <p>- Deposita cordones de soldadura en posición 4F.</p> <p>- Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p>	25
15. Examinar probetas de soldadura mediante ensayos destructivos (ED) y no destructivos (END), para la comprobación de la calidad en juntas de filete y a tope.	<p>15.1 Tipos de ensayos a realizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones visuales. ▪ Líquidos penetrantes. ▪ Fractura. <p>15.2 Técnica p/Inspección visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Instrumentos utilizados. ▪ Reporte de la evaluación. <p>15.3 Técnica p/líquidos penetrantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Preparación de la superficie. ▪ Aplicación de líquidos. ▪ Reporte de la evaluación. <p>15.4 Técnica p/fractura:</p>	<p>- Exposición dialogada.</p> <p>- Demostración.</p>	<p>- Examina probetas de soldadura.</p> <p>- Identifica los diferentes defectos.</p> <p>- Analiza resultados según el tipo de ensayo realizado.</p>	16

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas ▪ Doblez ▪ Valoración de los datos. 			
16. Distinguir las diferentes partes de una junta soldada según su nomenclatura.	<p>16.1 Partes de una soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Raíz. ▪ Cara de la soldadura. ▪ Garganta real. ▪ Borde de la soldadura. ▪ Profundidad de la fusión. ▪ Cateto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición docente. - Lluvia de ideas. - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distingue las diferentes partes de una unión soldada a tope en placa. - Utiliza la nomenclatura técnicamente aceptada para ello. 	1
17. Seleccionar el tipo de bisel de acuerdo al espesor del material a soldar y proceso.	<p>17.1 Tipos de biselés:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ V. ▪ K. ▪ X. ▪ U. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Selecciona el tipo de bisel a realizar en las placas. - Toma en cuenta las especificaciones técnicas y las características que predominen en la junta. 	2
18. Realizar depósito de soldadura en posición 1G, de acuerdo a las normas establecidas.	<p>18.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>18.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. <p>18.3 Apuntalado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación de ángulos. ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regulando el equipo según es requerido. - Deposita cordones de soldadura en posición 1G. - Ejecuta proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS). 	25
19. Realizar depósito de soldadura en posición 2G, de acuerdo a las normas establecidas.	<p>19.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.</p> <p>19.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. <p>19.3 Apuntalado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación de ángulos. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. Forma de preparación de probetas y aplicación de soldaduras. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regulando el equipo según es requerido. - Deposita cordones de soldadura en posición 2G. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS). 	25
20. Realizar depósito de	20.1 Probetas 300 X 38 X 10 mm.	- Demostración. Forma de	- Prepara probetas según dimensiones	40

soldadura en posición 3G, vertical ascendente, vertical inclinada hacia la derecha e izquierda de acuerdo a las normas establecidas.	<p>20.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y polaridad. ▪ Intensidad por utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. <p>20.3 Apuntalado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación de ángulos. ▪ Ángulos del electrodo. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. 	preparación de probetas y aplicación de soldaduras. -Práctica supervisada.	normalizadas. -Regulando el equipo según es requerido. -Deposita cordones posición 3G. -Ejecuta el proceso en condiciones óptimas, de acuerdo con las normas establecidas (WPS).	
21. Mostrar una visión sistémica de la realidad mediante el análisis de un caso de discriminación laboral y trabajos de investigación relacionados con la protección ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis sistémico. ▪ Resolución de problemas. ▪ Empatía. ▪ Problemática ambiental relacionada con construcciones Metálicas. ▪ Reciclaje de materiales. ▪ Prevención de la contaminación ambiental. 	<p>-Lectura comentada.</p> <p>-Desarrolla actividades: Las Buenas Prácticas de Manufactura; Construyendo con Desechos; Investigación de Campo.</p> <p>-Lluvia de ideas.</p>	<p>-Analiza un caso de discriminación laboral.</p> <p>-Elabora trabajos de investigación, relacionados con la protección ambiental.</p> <p>-Toma conciencia del respeto y valoración hacia los demás.</p> <p>-Resuelve problemas presentados durante la formación.</p>	4
22. Identificar diferentes tipos de materiales a través de sus características.	<p>22.1 Clasificación de los aceros inoxidables</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aceros austeníticos, martensíticos y ferríticos, según: ▪ Características. ▪ Soldabilidad. ▪ Preparación de las juntas. ▪ Electrodo recomendados. <p>22.2 Efectos de la soldadura en los aceros inoxidables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contracción y dilatación. ▪ Pérdidas de elementos químicos. ▪ Técnicas para evitar los efectos negativos. <p>22.3 Intensidades a utilizar en los depósitos de acero inoxidable.</p> <p>22.4 Fundiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soldabilidad de las fundiciones. 	<p>-Exposición dialogada.</p> <p>-Trabajo individual (cuestionario).</p> <p>-Método de casos. Grupal.</p> <p>-Lectura comentada.</p>	<p>-Identifica diferentes tipos de materiales.</p> <p>-Se basa en la clasificación y caracterización de éstos.</p> <p>-Toma en cuenta la soldabilidad de los mismos.</p> <p>-Interpretan adecuadamente la preparación de las juntas.</p> <p>-Reconoce los electrodos para cada material.</p> <p>-Juzga los efectos de la soldadura para evitarlos a la hora de aplicar.</p> <p>-Escoge apropiadamente las intensidades recomendadas para cada material.</p> <p>-Comprende el alivio de tensiones post-soldadura para hierros fundidos.</p>	10

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Electrodos para fundición. ▪ Efectos de la soldadura en las fundiciones. ▪ Alivio de tensiones post-soldadura. <p>22.5 El aluminio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soldabilidad del aluminio. ▪ Electrodos para aluminio. ▪ Preparación de juntas. ▪ Intensidades a utilizar al soldar aluminio. ▪ Limpieza en las juntas soldadas sobre aluminio. 			
23. Depositar soldaduras en posición plana sobre acero inoxidable, fundiciones y aluminio con el proceso SMAW, aplicando las respectivas normas en salud e higiene ocupacional.	<p>23.1 Juntas a soldar en posición plana en acero inoxidable de 200X200X3, 2mm:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Juntas a tope canto cuadrado. <p>23.2 Prácticas de soldadura en fundiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soldadura de una reventadura simple. ▪ Reparación de una quebradura. <p>23.3 Juntas a soldar en posición plana sobre aluminio de 6mm:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Juntas a tope en canto cuadrado. 	<p>- Demostración.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normadas.</p> <p>- Regulación de la máquina.</p> <p>- Previene los efectos de la soldadura.</p> <p>- Toma en cuenta la clasificación de los diferentes materiales.</p> <p>- Deposita soldaduras en posición plana sobre diferentes metales.</p> <p>- Advierte situaciones de contracción y dilatación en juntas.</p>	12
24. Cortar metales por medio de electrodos para hacer ranuras y biseles o reparaciones, utilizando los equipos requeridos para ello y manteniendo las respectivas normas de salud y seguridad.	<p>24.1 Técnicas de operación de equipos: preparación, regulación y utilización.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Corte con Arco Aire (AAC). ▪ Corte con Plasma (PAC). <p>24.2 Prácticas de corte en aceros de bajo carbono (chatarra):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cortes rectos con guía. 	<p>- Demostración.</p> <p>- Trabajo individual.</p> <p>- Trabajo grupal.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Corta metales por medio de electrodos y el equipo requerido.</p> <p>- Cumple con normas de salud y seguridad ocupacional</p> <p>- Reconoce diferentes tipos de electrodos para corte.</p> <p>- Utiliza equipos de corte por plasma, corte con arco aire.</p>	15

ANEXO 2: Insumos requeridos para el módulo SMAW

UM	DESCRIPCIÓN DEL INSUMO	CANT	DEVOL	P-REF	TOTAL
unid	PIQUETAS PARA SOLDADOR PUÑO DE RESORTE	15,00	15,00	2 100,00	31 500,00
m	ACERO LAMINADO AISI / SAE 1020 DE 38.1 MM	6,00	-	15 375,00	92 250,00
unid	ACERO INOXIDABLE LAMINADO DE 2 X 1000 X 2000MM	2,00	-	125 000,00	250 000,00
unid	ALICATE AJUSTABLE SIN AISLAR DE 203.2 MM	15,00	15,00	5 000,00	75 000,00
unid	ALUMINIO LAMINADO 4.76 X 1000/1220 X 2000/2040 MM	1,00	-	162 250,00	162 250,00
unid	ANTEOJOS DE SEGURIDAD COLOR OSCURO	16,00	-	1 950,00	31 200,00
unid	BANCO MECANICO DE CUATRO PUESTOS	4,00	4,00	94 000,00	376 000,00
unid	BANDA (CINTA) DE TEFLON.	2,00	-	220,00	440,00
unid	BARRAS DE ESTEATITA (TIZA HUESO PARA METAL)	30,00	-	75,00	2 250,00
unid	BISELADORA DE PLETINA	3,00	3,00	3 500 000,00	10 500 000,00
unid	BOLIGRAFOS AZULES MARCA BIC	16,00	-	120,00	1 920,00
unid	BOLIGRAFOS ROJOS MARCA BIC	16,00	-	120,00	1 920,00
unid	BORRADOR PIZARRA, 130 X 50 MM, CON FELPA MARCA.	1,00	-	438,00	438,00
unid	CALZADO CON PUNTERA DE SEGURIDAD PARA SOLDADOR	16,00	-	48 000,00	768 000,00
unid	CAPUCHA DE CUERO PARA SOLDADOR.	16,00	-	5 000,00	80 000,00
unid	CARRETILLA PARA TRANSPORTE DE CILINDROS	7,00	7,00	117 000,00	819 000,00
unid	CEPILLO ALAMBRE ACERO INOXIDABLE	8,00	-	1 650,00	13 200,00
unid	CEPILLO CIRCULAR DE ALAMBRE	10,00	-	8 500,00	85 000,00
unid	CEPILLO ALAMBRE DE ACERO, MANGO DE MADERA	15,00	-	1 200,00	18 000,00
unid	CHAQUETA DE SOLDADURA.	16,00	-	21 000,00	336 000,00
unid	CINCEL DE 19.52 X 203.2MM	15,00	-	3 150,00	47 250,00
unid	CIZALLA DE PALANCA CON CAPACIDAD PARA 9 MM	2,00	2,00	1 350 000,00	2 700 000,00
unid	CIZALLA DE PALANCA P/CORTE PERFILES METÁLICOS	1,00	1,00	950 000,00	950 000,00
unid	COMPRESOR DE AIRE DE 3730 WATTS (5 HP)	1,00	1,00	1 850 000,00	1 850 000,00
unid	CORTADORA DE METAL DE 355.6 MM	1,00	1,00	120 000,00	120 000,00
Kg	CREMA LIMPIADORA DE MANOS	3,00	-	5 000,00	15 000,00
unid	CUADERNO LOMO DE RESORTE METALICO DE 80 HOJAS	16,00	-	975,00	15 600,00
unid	DELANTAL-PANTALON DE CUERO PARA SOLDADOR	16,00	-	20 730,00	331 680,00
unid	DISCO DE 114.3 MM (4 1/2") DIAMETRO	15,00	15,00	1 200,00	18 000,00
unid	DISCO PARA CORTAR METALES 177 X 3.17 MM	10,00	-	1 350,00	13 500,00
unid	DISCO PARA CORTAR METALES DE 100 MM	20,00	-	1 100,00	22 000,00
unid	DISCOS ABRASIVOS PARA ESMERILAR 177.8 MM X 6.35 MM	30,00	-	1 575,00	47 250,00
unid	DISCOS PARA ESMERILAR METALES DE 115 X 6 X 22 MM	15,00	-	1 350,00	20 250,00
Kg	ELECTRODO AWS E7018 - A1 H4 2.38MM	100,00	-	2 350,00	235 000,00
Kg	ELECTRODO AWS E7018 - A1 H4 3.17MM	150,00	-	2 970,00	445 500,00
Kg	ELECTRODO DE ALUMINIO DE 3 17 MM	15,00	-	4 500,00	67 500,00
Kg	ELECTRODO E-308 PARA ACERO INOXIDABLE de 2.38 mm	15,00	-	8 550,00	128 250,00

Kg	ELECTRODO E-6010 PARA ACERO DULCE DE 3.17 mm	50,00	-	2 670,00	133 500,00
Kg	ELECTRODO E-6013 PARA ACERO DULCE DE 3.175 MM	90,00	-	2 325,00	209 250,00
Kg	ELECTRODO PARA FUNDICION DE 3.17 MM	10,00	-	7 500,00	75 000,00
unid	ESCOBAS DE FIBRA SINTETICA	5,00	-	1 800,00	9 000,00
unid	ESCRITORIOS DE METAL DE DOS GAVETAS	1,00	1,00	125 000,00	125 000,00
unid	ESCUADRA AJUSTABLE TIPO UNIVERSAL DE 300 MM	15,00	15,00	3 700,00	55 500,00
unid	ESMERIL CON PEDESTAL DE DOS MUELAS	3,00	2,00	295 000,00	885 000,00
unid	ESMERILADORA ANGULAR 6000 W (7") Y (9") DIÁMETRO	15,00	15,00	280 000,00	4 200 000,00
unid	EXTENSION ELECTRICA DE 25 M	3,00	3,00	57 000,00	171 000,00
unid	EXTINTOR DE DIOXIDO DE CARBONO CO2	2,00	2,00	125 000,00	250 000,00
unid	FLEXÓMETRO DE METAL DE 3 M	15,00	15,00	3 250,00	48 750,00
unid	GABACHA DE DOCOMA COLORES INSTITUCIONALES	1,00	-	12 100,00	12 100,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA ORTOGONAL	1,00	1,00	16 000,00	16 000,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA ORTOGONAL	1,00	1,00	42 000,00	42 000,00
Kg	GRASA MULTISERVICIO NO 2.	1,00	-	5 000,00	5 000,00
par	GUANTES DE CUERO PARA SOLDAR DE 457 MM	30,00	-	7 300,00	219 000,00
unid	HIERRO NEGRO LAM 6 35 X 900/1000 X 1800/2000 MM	8,00	-	43 485,00	347 880,00
Kg	HILASA DE ALGODON PARA LIMPIEZA, DE COLORES	2,00	-	4 200,00	8 400,00
unid	HOJAS DE SIERRA 22 - 26 DIENTES	7,00	-	1 200,00	8 400,00
unid	HORNO PARA SOLDADURA	2,00	2,00	900 000,00	1 800 000,00
unid	JUEGO DE DESTORNILLADORES DE 8 PIEZAS	2,00	1,00	40 000,00	80 000,00
unid	KIMONO EN TELA DE ARMY COLORES INSTITUCIONALES	15,00	-	17 900,00	268 500,00
unid	LENTES CLAROS PARA MASCARA DE SOLDAR	90,00	-	150,00	13 500,00
unid	LENTES OSCUROS PARA MASCARA DE SOLDAR GRADO 11	30,00	-	400,00	12 000,00
unid	LIMA ESCORFINA MEDIA CAÑA DE 203.4 MM	5,00	-	7 800,00	39 000,00
unid	LIMA PLANA GRANO MEDIANO DE 304.8 MM	5,00	-	3 445,00	17 225,00
unid	LIQUIDO LIMPIADOR DE 300 GRAMOS	1,00	-	9 500,00	9 500,00
unid	LIQUIDO PENETRANTE DE 300 GRAMOS	1,00	-	13 500,00	13 500,00
unid	LIQUIDO REVELADOR DE 330 GRAMOS	1,00	-	10 500,00	10 500,00
unid	LLAVES AJUSTABLES DE 304.8 MM (12") DE LONGITUD	6,00	-	12 000,00	72 000,00
unid	LLAVES ALLEN MILIMETRICAS DE 1.5 MM A 10 MM JUEGO	1,00	1,00	12 000,00	12 000,00
unid	MAQUINA DE SOLDAR INVERSORA TIG CA/CD	15,00	15,00	2 300 000,00	34 500 000,00
unid	MARCADOR NO PERMANENTE PARA PIZARRA ACRILICA	5,00	-	222,00	1 110,00
unid	MARCADOR PERMANENTE, TIPO LAPIZ.	3,00	-	250,00	750,00
unid	MARCOS PARA SEGUETA	15,00	3,00	6 000,00	90 000,00
unid	MASCARA DE SOLDAR CONVENCIONAL NEGRO MATE	16,00	16,00	22 310,00	356 960,00
unid	MASKING TAPE DE 25 4 MM X 50 MTS MARCA SCOTCH 3 M	2,00	-	505,00	1 010,00
unid	MAZO DE BOLA DE 920 GRAMOS	10,00	8,00	4 792,00	47 920,00
unid	MESA POSICIONADORA PARA SEA	15,00	15,00	150 000,00	2 250 000,00
unid	MICROCOMPUTADORA PORTATIL CORE I5, 2.3 GHZ	1,00	1,00	520 000,00	520 000,00
unid	NUMERO DE ACERO P/ MARCAR DE 7.93/8 MM EN JUEGO	1,00	1,00	20 000,00	20 000,00
unid	PAPEL XEROGRAFICO, FOTOCOPIA 75 G/M2 21.6 X 27.9 CM	1000,00	-	6,00	6 000,00

unid	PINZA PORTA ELECTRODO	15,00	5,00	8 500,00	127 500,00
unid	PIZARRA ACRILICA PORTATIL. DE 120 CM X240 CM	1,00	1,00	100 000,00	100 000,00
unid	PLETINA DE ACERO ASTM A 36 DE 9.52 X 101.6 mm	45,00	-	23 000,00	1 035 000,00
unid	PLETINA DE HIERRO DE 6,35 X 25,4 MM	15,00	-	2 885,00	43 275,00
unid	PLETINA DE HIERRO DE 9,52 X 38,1 MM	30,00	-	10 500,00	315 000,00
par	POLAINAS DE CUERO PARA SOLDADOR.	16,00	-	3 500,00	56 000,00
unid	PRENSA DE BANCO DE 15.24 CM (6")	15,00	15,00	45 000,00	675 000,00
unid	PRENSA HIDRAULICA	1,00	1,00	975 000,00	975 000,00
unid	PRENSA TIERRA PARA SOLDAR DE 300 AMP	15,00	-	7 385,00	110 775,00
unid	PROBADOR DE POLARIDAD AC-DC	1,00	1,00	4 000,00	4 000,00
unid	PROTECCIÓN CARETA PLASTICA	8,00	-	5 830,00	46 640,00
unid	PROTECTOR AUDITIVO REUTILIZABLE	20,00	-	750,00	15 000,00
unid	PUNTA PARA TRAZAR EN METAL DE 200 MM	15,00	15,00	2 600,00	39 000,00
unid	PUNTO CENTRO DE 10 X 150 MM	15,00	15,00	1 896,00	28 440,00
unid	REGLAS PLEGABLES DE ACERO DE 300 MM	10,00	8,00	21 340,00	213 400,00
unid	RESPIRADOR DESECHABLE CONTRA POLVOS Y HUMOS	40,00	-	2 700,00	108 000,00
unid	SIERRA ACERO PLATA DE 12.7 X 304.8 MM DE 18 DIENTES	15,00	-	1 200,00	18 000,00
unid	SILLA PARA VISITA SIN DESCANSA BRAZOS	1,00	1,00	21 000,00	21 000,00
unid	SULFADIACINA DE PLATA AL 1 % 400 GRAMOS	1,00	-	5 500,00	5 500,00
				SUB-TOTAL:	₡ 71 569 933,00
					137 100,00
				TOTAL:	₡ 71 432 833,00

Las líneas de insumos marcados en color rojo solo representan a los únicos insumos de la lista que pueden considerarse útiles para la ejecución del módulo.

ANEXO 3: Programa de Soldadura con Arco de Tungsteno y Protección Gaseosa (GTAW)

Objetivos específicos	Contenidos	Situaciones de enseñanza y aprendizaje	Evaluación de los aprendizajes	Horas
1. Responder mediante la toma de decisiones con conductas de confianza, autonomía, motivación y auto-regulación, incluyendo actitudes de responsabilidad, auto-observación, comunicación.	1.1 Auto-aceptación, comunicación. 1.2 Auto-observación y motivación. 1.3 Toma de decisiones y auto-regulación.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de actividades: Cómo me perciben; Identificando sentimientos y Toma de decisiones. - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toma decisiones sobre conductas propias y ajenas. - Utiliza la comunicación para un trabajo en equipo efectivo. - Controla sus acciones mediante la auto-regulación, con miras a la convivencia en el grupo. 	2
2. Explicar los fundamentos tecnológicos del proceso: Soldadura con arco de tungsteno y protección gaseosa (GTAW), para posterior aplicación.	2.1 Proceso de soldeo GTAW: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo requerido. ▪ Antorcha (pistola). ▪ Materiales de aporte. ▪ Gas(es) protector(es) Mezclas. ▪ Tipos de corriente CA y CD. ▪ Polaridad. ▪ Secuenciador onda cuadrada. 2.2 Electrodo: según AWS. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo electrodo según metal base. ▪ Afilado de electrodos. 2.3 preparación de juntas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Según tipo de material y espesor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica los tipos de aceros inoxidables utilizados en industria alimentaria. - Reconoce los lineamientos establecidos en la Norma para las soldaduras en aceros inoxidables. - Identifica el método de unión de piezas mediante sus características. - Describe las características de los gases mediante su función en el proceso. 	6

<p>3. Acondicionar el equipo GTAW para aplicar soldaduras sobre acero bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.</p>	<p>3.1 Verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Puesto de trabajo. ▪ Equipos de seguridad. ▪ Máquinas de soldar. <p>3.2 Preparación del equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuente de poder. ▪ Instalación del flujómetro. ▪ Regulación del gas. ▪ Regulación del equipo. ▪ Consumibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. - Práctica supervisada. - Exposición dialogada. - Trabajo individual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verifica el orden en el puesto de trabajo y prepara todas las herramientas requeridas para el proceso. - Prepara el equipo según las respectivas regulaciones de parámetros del proceso. - Aplica las medidas de seguridad durante el proceso de soldadura. 	<p>2</p>
<p>4. Realizar depósitos de soldadura en acero de bajo carbono posición 2F, con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>a. Probetas de 300 X 25 X 4 mm.</p> <p>b. Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y polaridad e intensidad ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>c. Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. Selección toberas. ▪ Selección material de aporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar soldaduras. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Deposita cordones de soldadura en posición 2F, con el proceso GTAW. - Ejecuta el proceso en de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica normas de seguridad durante el trabajo. 	<p>20</p>
<p>5. Realizar depósitos de soldadura en acero de bajo carbono posición 3F, con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>a. Probetas 300 X 25 X 4 mm.</p> <p>b. Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y polaridad. ▪ Intensidad a utilizar. <p>c. Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>d. Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. <ul style="list-style-type: none"> • Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Selección toberas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar soldaduras. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Deposita cordones de soldadura en posición 3F, con el proceso GTAW - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica normas de seguridad durante el trabajo. 	<p>25</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección material de aporte. e. Aplica normas de seguridad. 			
6. Realizar depósitos de soldadura en acero de bajo carbono posición 4F, con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.	<ul style="list-style-type: none"> a. Probetas 300 X 25 X 4 mm. b. Regulación del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Intensidad a utilizar. c. Armado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. d. Ejecución de soldadura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Selección toberas. ▪ Selección material de aporte. e. Aplica normas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar soldaduras. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Deposita cordones de soldadura en posición 4F, con el proceso GTAW. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica normas de seguridad durante el trabajo. 	25
7. Examinar probetas de soldadura mediante ensayos destructivos (ED) y no destructivos (END) para la comprobación de la calidad en juntas de filete y plancha.	<ul style="list-style-type: none"> a. Tipos de ensayos a realizar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones visuales; líquidos penetrantes y fractura. b. Inspección visual: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Instrumentos utilizados. ▪ Reporte de la evaluación. c. Técnica p/líquidos penetrantes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Preparación de la superficie. ▪ Aplicación de líquidos. ▪ Reporte de la evaluación. d. Técnica p/Fractura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas ▪ Doble z ▪ Valoración de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Examina probetas de soldadura. - Identifica los diferentes defectos. - Analiza resultados según el tipo de ensayo realizado. 	25

8. Distinguir las diferentes partes de una junta soldada en filete, según nomenclatura.	a. Partes de una soldadura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Raíz. ▪ Cara de la soldadura. ▪ Garganta real. ▪ Borde de la soldadura. ▪ Profundidad de la fusión. ▪ Cateto. 	-Exposición dialogada. -Lluvia de ideas.	-Distingue las diferentes partes de una unión soldada en filete. -Utiliza la nomenclatura técnicamente aceptada para ello.	10
9. Identifica los tipos de biseles para su selección de acuerdo al espesor del material a soldar y proceso a utilizar.	a. Tipos de biseles <ul style="list-style-type: none"> ▪ V. ▪ K. ▪ X. ▪ U. 	-Exposición dialogada.	-Selecciona bisel de las placas. -Toma en cuenta las especificaciones técnicas y las características que predominen en la junta.	10
10. Desarrollar un clima adecuado de confianza para efectuar críticas y expresar sentimientos, fomentando una comunicación asertiva.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicación. ▪ Asertividad. ▪ Clima de confiabilidad y seguridad para efectuar críticas. ▪ Resolución de conflictos. ▪ Autoritarismo y control en relaciones humanas. 	-Lluvia de ideas. Actividades del Manual con Actividades para estimular la empleabilidad desde el aula. Pueden desarrollarse todas las actividades recomendadas según la dinámica de trabajo del grupo.	-Desarrolla clima de confianza. -Fomenta la comunicación. -Critica y expresa sentimientos. -Resuelve conflictos que aparecen durante la formación de manera adecuada, acerca de situaciones de convivencia humana.	10
11. Realizar depósitos de soldadura en acero de bajo carbono posición 1G, con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Probetas de 300 X 25 X 4 mm. a. Regulación del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Intensidad a utilizar. b. Armado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. c. Ejecución de soldadura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Selección toberas. ▪ Selección material de aporte. d. Aplicación de normas de seg. 	-Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar soldaduras. -Práctica supervisada.	-Prepara probetas según dimensiones normalizadas. -Regula el equipo según es requerido. -Deposita cordones de soldadura en posición 1G, con el proceso GTAW. -Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). -Aplica las normas de seguridad durante el trabajo.	30
12. Realizar depósitos de	a. Probetas 300 X 25 X 4mm.	-Demostración docente de la forma	-Prepara probetas según	25

<p>soldadura en acero de bajo carbono posición 2G, con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>b. Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Intensidad a utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>c. Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Selección toberas. ▪ Selección material de aporte. <p>d. Aplicación de normas de seguridad.</p>	<p>de preparar probetas y realizar soldaduras.</p> <p>-Práctica supervisada.</p>	<p>dimensiones normalizadas.</p> <p>-Regula el equipo según es requerido.</p> <p>-Deposita cordones de soldadura en posición 2G, con el proceso GTAW</p> <p>-Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p> <p>-Aplica normas de seguridad durante el trabajo.</p>	
<p>13. Realizar depósitos de soldadura en acero de bajo carbono posición 3G, vertical ascendente, vertical inclinada hacia la derecha e izquierda con el proceso GTAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>a. Probetas 300 X 25 X 4 mm.</p> <p>b. Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Intensidad a utilizar. <p>c. Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>d. Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ángulos de la antorcha. ▪ Ángulos de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Selección toberas. ▪ Selección material de aporte. 	<p>-Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar soldaduras.</p> <p>-Práctica supervisada.</p>	<p>-Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>-Regula el equipo según es requerido.</p> <p>-Deposita cordones de soldadura en posición 3G, con el proceso GTAW</p> <p>-Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p>	25
<p>14. Identificar las características de los materiales ferrosos y no ferrosos y sus efectos en el proceso de soldadura.</p>	<p>a. Clasificación de los aceros inoxidables en austeníticos, martensíticos y ferríticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características. ▪ Soldabilidad. ▪ Preparación de las juntas. ▪ Electrodo recomendados. <p>b. Efectos de la soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contracción y dilatación. 	<p>-Exposición dialogada.</p> <p>-Trabajo individual (cuestionario).</p> <p>-Método de casos. Grupal.</p> <p>-Lectura comentada.</p>	<p>-Identifica diferentes tipos de inoxidables y aluminios.</p> <p>-Se basa en la clasificación y caracterización de los mismos para tomar decisiones técnicas.</p> <p>-Toma en cuenta la soldabilidad de los materiales para la regulación de parámetros.</p> <p>-Reconoce los electrodos</p>	10

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas para evitar los efectos negativos. ▪ Soldabilidad del aluminio. ▪ Electrodos e intensidades. 		<p>recomendados para los diferentes materiales.</p> <p>- Escoge apropiadamente las intensidades recomendadas según el material a soldar.</p>	
15. Depositar soldaduras en posición plana sobre diferentes materiales con el proceso GTAW aplicando las respectivas normas en salud e higiene ocupacional.	<p>a. Juntas a tope, soldar sobre inoxidable de 1,5 - 2mm:</p> <p>b. Depósito de cordones en lámina de 200 x 150 x 2mm:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Junta en ángulo interior sobre aluminio de 2mm. ▪ Juntas a tope en posición plana sobre aluminio de 2 mm. 	<p>- Demostración de soldadura utilizando el secuenciador de polaridad.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Deposita soldaduras en posición plana sobre diferentes metales.</p> <p>- Toma en cuenta la clasificación de los diferentes materiales.</p> <p>- Advierte situaciones de contracción y dilatación en las juntas.</p>	25

ANEXO 4: Insumos requeridos para el módulo GTAW

UM	DESCRIPCIÓN DEL INSUMO	CANT	DEV	P-REF	TOTAL
unid	ACERO INOXIDABLE LAMINADO DE 2 X 1000 X 2000 MM	2	-	135 000,00	270 000,00
unid	ALICATE AJUSTABLE SIN AISLAR DE 203.2 MM	15	15.00	5 000,00	75 000,00
unid	ALUMINIO ASTM DE 2.38X1220X2440 MM	2	-	42 400,00	84 800,00
unid	ANTEOJOS DE SEGURIDAD COLOR OSCURO	16,00	-	1 700,00	27 200,00
unid	ANTEOJOS DE SEGURIDAD TRANSPARENTES	16,00	-	1 600,00	25 600,00
unid	ANTORCHA PARA MAQUINA DE SOLDAR GTAW	15,00	15.00	135 000,00	2 025 000,00
unid	AUXILIAR PARA SOLDADOR DE PROCESO TIG	3,00	3.000	26 000,00	78 000,00
unid	BANDA (CINTA) DE TEFLON.	5,00	-	220,00	1 100,00
unid	BARRAS DE ESTEATITA (TIZA HUESO PARA METAL)	16,00	-	75,00	1 200,00
unid	BISELADORA DE PLETINA	2,00	2,00	3 500 000,00	7 000 000,00
unid	BOLIGRAFOS AZULES MARCA BIC	2,00	-	120,00	240,00
unid	BOLIGRAFOS NEGROS MARCA BIC	2,00	-	120,00	240,00
unid	BOLIGRAFOS ROJOS MARCA BIC	2,00	-	120,00	240,00
unid	BOQUILLA DE CERÁMICA NUMERO 8	30,00	-	970,00	29 100,00
unid	BOQUILLA DE CERAMICA PARA TIG NUMERO 6 (10MM)	30,00	-	970,00	29 100,00
unid	BOQUILLAS PARA SOLDAR NO 5	30,00	-	592,00	17 760,00
unid	BORRADOR P/PIZARRA, DE 130 X 50 MM, CON FELPA	1,00	-	338,00	338,00
unid	CALZADO PUNTERA DE SEGURIDAD PARA SOLDADOR	16,00	-	48 000,00	768 000,00
unid	CARETA PARA ESMERILAR PLASTICA	16,00	-	5 830,00	93 280,00
unid	CARGA DE GAS ARGON NO 40 (220 PC)	60,00	-	80 000,00	4 800 000,00
unid	CARRETILLA METÁLICA TRANSPORTAR CILINDROS	2,00	2.000	100 000,00	200 000,00
unid	CEPILLO DE MANGO DE MADERA ACERO INOXIDABLE	8,00	-	1 650,00	13 200,00
unid	CEPILLO MANUAL DE ACERO MANGO DE MADERA	8,00	-	1 220,00	9 760,00
unid	CHAQUETA DE SOLDADURA.	16,00	-	21 500,00	344 000,00
unid	CILINDRO PARA ARGON DE 6.23 METROS CÚBICOS	15,00	15.00	75 000,00	1 125 000,00
unid	CINCEL DE 19.52 X 203.2MM	8,00	8.000	3 000,00	24 000,00
unid	FLEXÓMETRO DE METAL DE 5 M	8,00	8.000	2 200,00	17 600,00
unid	CIZALLA DE PALANCA CON CAPACIDAD PARA 9 MM	1,00	1.000	245 000,00	245 000,00
unid	COMPRESOR DE AIRE DE 3730 WATTS (5 HP)	1,00	1.000	1 350 000,00	1 350 000,00
unid	DISCOS PARA ESMERILAR METALES DE 115X6X22MM	30,00	-	1 250,00	37 500,00
Kg	CREMA LIMPIADORA DE MANOS	3,00	-	5 000,00	15 000,00
unid	CUERPO SUJETADOR P/SISTEMA TIG 1.58 MM	20,00	-	1 580,00	31 600,00
unid	DIFUSOR DE GAS Y GUÍA DEL ELECTRODO 2.4 MM	30,00	-	1 580,00	47 400,00
unid	DISCOS ABRASIVOS PARA CORTAR 101.6 X 3.17 MM	45,00	-	850,00	45,00
unid	DISCOS ABRASIVOS PARA CORTE DE 177.8 X 3.17 MM	45,00	-	1 010,00	45 450,00
unid	DISCOS ABRASIVOS DE 177.8 MM X 6.35 MM	45,00	-	1 075,00	48 375,00
unid	ELECTRODO DE TUNGSTENO DE 1.58 MM	30,00	-	1 830,00	54 900,00

unid	ELECTRODO DE TUNGSTENO 2.38 MILIMETROS (3/32")	60,00	-	2 000,00	120 000,00
unid	ELECTRODO DE TUNGSTENO DE 3 17 MM	30,00	-	2 250,00	67 500,00
unid	ELECTRODO DE TUNGSTENO SIRCONIO DE 2.38 MM	60,00	-	1 500,00	90 000,00
unid	ELECTRODO DE TUNGSTENO TORIO DE 1.58 MM	30,00	-	1 400,00	42 000,00
unid	ESMERIL ELECTRICO DE PEDESTAL	2,00	2.000	290 000,00	580 000,00
unid	ESMERILADORA ANGULAR 120 V, Y 228.6MM (9")	8,00	8.000	280 000,00	2 240 000,00
unid	ESMERILADORA ANGULAR 120 V, DISCO 114.3 MM	8,00	8.000	70 000,00	560 000,00
unid	EXTENSION ELECTRICA DE 15 M	3,00	3.000	37 623,00	112 869,00
unid	FLUJOMETRO PARA GAS ARGON TIPO 195-AR	16,00	16.00	60 000,00	960 000,00
unid	GABACHA DE DOCOMA COLORES INSTITUCIONALES	1,00	-	12 100,00	12 100,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA ORTOGONAL	1,00	1.000	16 000,00	16 000,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA ORTOGONAL	1,00	1.000	42 000,00	42 000,00
par	GUANTE DE CUERO PARA SOLDADOR MIG / TIG	30,00	-	5 330,00	159 900,00
unid	HIERRO NEGRO LAM 6 35 X 900/1000 X 1800/2000 MM	4,00	-	43 485,00	173 940,00
Kg	HILASA DE ALGODON PARA LIMPIEZA, DE COLORES	2,00	-	4 200,00	8 400,00
unid	HOJAS DE SIERRA 22 - 26 DIENTES	6,00	-	650,00	3 900,00
unid	HOJAS DE SIERRA DE 16 - 18 DIENTES	3,00	-	938,00	2 814,00
unid	JUEGO DE MANGUERAS PARA PROCESO GTAW	3,00	-	40 535,00	121 605,00
unid	KIMONO TELA DE ARMY COLORES INSTITUCIONALES	15,00	-	17 900,00	268 500,00
unid	LAMINA DE ACERO PULIDA DE 1.58 X 1.22 X	4,00	-	11 630,00	46 520,00
unid	LAPIZ NEGRO H B	3,00	-	440,00	1 320,00
unid	LENTES CLAROS PARA MASCARA DE SOLDAR	60,00	-	150,00	9 000,00
unid	LENTES OSCUROS P/MASCARA DE SOLDAR GRADO 11	30,00	-	400,00	12 000,00
unid	LIMA PLANA GRANO MEDIANO DE 304.8 MM	8,00	8.000	3 445,00	27 560,00
unid	LIQUIDO LIMPIADOR DE 300 GRAMOS	2,00	-	9 500,00	19 000,00
unid	LIQUIDO PENETRANTE DE 300 GRAMOS	2,00	-	13 500,00	27 000,00
unid	LIQUIDO REVELADOR DE 330 GRAMOS	2,00	-	10 500,00	21 000,00
unid	LLAVES AJUSTABLES 304.8 MM (12") DE LONGITUD	4,00	4.000	12 000,00	48 000,00
unid	LLAVES ALLEN DE 1.5 MM A 10 MM EN JUEGO	1,00	1.000	13 000,00	13 000,00
unid	MAQUINA DE SOLDAR AC / DC TIG / DE 400 AMPERIOS	15,00	15.00	1 500 000,00	22 500 000,00
unid	MAQUINA PARA CORTAR CON PLASMA	1,00	1.000	2 200 000,00	2 200 000,00
unid	MARCADOR DE COLORES JUEGO DE 24 UNDS	1,00	-	1 628,00	1 628,00
unid	MARCADOR PERMANENTE, TIPO LAPIZ.	5,00	-	114,00	570,00
unid	MARCADOR NO PERMANENTE.PARA PIZARRA ACRILICA	4,00	-	222,00	888,00
unid	MARCOS PARA SEGUETA	3,00	3.00	9 000,00	27 000,00
unid	MASCARA DE SOLDAR CONVENCIONAL NEGRO MATE	16,00	16.00	22 310,00	356 960,00
unid	MASCARILLA DESECHABLE CONTRA HUMOS	50,00	-	1 040,00	52 000,00
unid	MASKING TAPE DE 12 MM MARCA SCOTCH 3M	2,00	-	278,00	556,00
unid	MASKING TAPE 25 4 MM X 50 MTS MARCA SCOTCH 3 M	3,00	-	505,00	1 515,00
unid	MAZO DE BOLA DE 460 GRAMOS	8,00	8.000	5 000,00	40 000,00
unid	MESA POSICIONADORA PARA SEA	15,00	15.00	150 000,00	2 250 000,00

unid	NUMERO ACERO P/ MARCAR DE 7.93/8 MM EN JUEGO	1,00	1.000	20 000,00	20 000,00
unid	PAPEL XEROGRAFICO 75 G/M2 21.6 X 27.9 CM	500,00	-	6,00	3 000,00
unid	PIQUETAS PARA SOLDADOR PUÑO DE RESORTE	16,00	16.00	2 100,00	33 600,00
unid	PLETINA DE ACERO ASTM A 36 DE 9.52 X 101.6 MM	40,00	-	23 000,00	920 000,00
unid	PRENSA DE BANCO GIRATORIA DE 152.4MM	8,00	8.000	70 000,00	560 000,00
unid	PROTECTOR AUDITIVO REUTILIZABLE	20,00	-	750,00	15 000,00
unid	PUNTA PARA TRAZAR EN METAL DE 200 MM	16,00	16.00	2 600,00	41 600,00
unid	PUNTA PARA TRAZOS EN METAL 170 MM	16,00	16.00	3 500,00	56 000,00
unid	PUNTO CENTRO DE 10 X 150 MM	8,00	8.000	1 895,00	15 160,00
unid	RESPIRADOR DESECHABLE CONTRA HUMOS	30,00	-	2 700,00	81 000,00
unid	SIERRA ACERO PLATA 12.7 X 304.8 MM DE 18 DIENTES	6,00	-	670,00	4 020,00
Kg	SOLDADURA DE ALUMINIO DE 1 58 MM	4,00	-	3 600,00	14 400,00
Kg	SOLDADURA DE APORTE ACERO INOXIDABLE TIPO 308	4,00	-	4 250,00	17 000,00
unid	SUJETADOR PARA ELECTRODOS TUNGSTENO 2,4 MM	20,00	-	1 580,00	31 600,00
unid	YUNQUE DE ACERO FUNDIDO	1,00	1.000	150 000,00	150 000,00
				TOTAL:	₡ 54 134 453,00

ANEXO 5: Programa de Soldadura con Arco Metálico y Núcleo de Fundente (FCAW)

Objetivo General: Soldar con el Proceso: Soldadura con Arco Metálico y Núcleo Fundente (FCAW); para la ejecución de soldadura sobre materiales ferrosos y no ferrosos.

Objetivos específicos	Contenidos	Situaciones de enseñanza aprendizaje	Evaluación de los aprendizajes	Horas
1. Tomar conciencia de las actitudes y comportamientos propios, evidenciados en el proceso de formación, mediante el cumplimiento de los lineamientos establecidos.	1.1 Actividades introductorias: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación: ▪ Documento p/participantes. ▪ Diagnostico Técnico. ▪ Reglamento de participantes. ▪ Normas de trabajo en clase. ▪ Comunicación. ▪ Resolución de problemas. ▪ Respeto. ▪ Responsabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar la actividad del “Manual de actividades para estimular la empleabilidad desde el aula. - Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Dinámica de presentación. - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en las actividad introductoria - Atiende las informaciones. - Analiza el documento para participantes junto con el docente. - Respeto las normas de trabajo en clase establecidas para el desarrollo del módulo. - Muestra una actitud positiva ante las situaciones referentes al módulo. - Desarrollar una actitud positiva de servicio al cliente 	2
2. Identificar los fundamentos tecnológicos de los procesos de Soldadura con Arco Metálico y Protección Gaseosa FCAW.	2.1 Sistema de gas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calentadores. ▪ Cilindro. ▪ Flujómetros. ▪ Manómetros. 2.2 Gases protectores: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulación. ▪ Mezclas. ▪ Ventajas y desventajas. 2.3 Clasificación material aporte del proceso FCAW según AWS. 2.4 Técnicas de depósitos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revés. ▪ Derecha. ▪ Perpendicular 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Análisis documental. - Análisis de videos. - Trabajo individual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las características del proceso. - Describe la máquina de soldar, sus componentes y funciones. - Distingue la corriente y polaridad a usar según las características del trabajo a realizar. - Determina factores que intervienen en la regulación del equipo. - Diferencia los tipos de transferencias de acuerdo al material a soldar. - Determina los mecanismos de alimentación según su función. - Describe los sistemas de protección gaseosa y su función. 	10

<p>3. Depositar soldaduras en posición plana con los procesos FCAW sobre acero de bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.</p>	<p>3.1 Verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Puesto de trabajo. ▪ Equipos de seguridad. ▪ Máquinas de soldar. ▪ Otros. <p>3.2 Preparación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuente de poder. ▪ Selección de boquilla y tobera. ▪ Instalación del rollo de alambre y flujómetro. ▪ Regulación del equipo y gas. <p>3.3 Técnicas de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Depósito de puntos (sobre acero de 200X120X3mm). ▪ Depósito de cordones (sobre acero de 200 x120x3mm). ▪ Juntas a tope en canto cuadrado (sobre acero de 200 x30x 3mm). <p>3.4 Aplicación de normas de seguridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. - Trabajo individual. <p>* El depósito de puntos se puede realizar preferiblemente sobre material de desecho.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ordena el puesto de trabajo y prepara las herramientas que intervienen en el trabajo. - Prepara el equipo de soldadura tomando en cuenta los parámetros de trabajo. - Deposita soldaduras en posición plana. - Acata lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional. 	<p>20</p>
---	--	---	--	------------------

<p>4. Identificar irregularidades en las soldaduras de filete, para su respectiva corrección mediante los parámetros establecidos por la norma.</p>	<p>2.1 Irregularidades externas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Socavación. ▪ Indicaciones (reales y falsas). ▪ Discontinuidad. ▪ Defectos. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Poros. ▪ Sobre calentamiento. <p>2.2 Irregularidades internas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de fusión. ▪ Falta de penetración. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Templabilidad del metal. ▪ Criterios de aceptación de los defectos, según ASME. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Acerca de los defectos en soldadura, las causas de estos defectos y consecuencias que pueden traer a futuro. - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica irregularidades en soldaduras realizadas. - Analiza su apariencia externa e interna. - Aplica criterios de aceptación de los defectos según ASME. 	<p>4</p>
<p>5. Tomar conciencia de la importancia de la protección ambiental y el cuidado del entorno laboral a través de la reflexión grupal.</p>	<p>3.1 El ambiente y su importancia para la vida.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevención de contaminación. ▪ Reciclaje de residuos de los procesos de soldadura. ▪ Protección ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrolla actividad del Manual con actividades para estimular la empleabilidad en aula. - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toma conciencia de la importancia de la protección ambiental para la vida. - Previene la contaminación en las actividades diarias. - Recicla residuos de materiales cuando tiene la oportunidad de realizarlo. 	<p>2</p>
<p>6. Distinguir las diferentes partes de una junta soldada en plancha (Nomenclatura).</p>	<p>6.1 Partes de una soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abertura de raíz. ▪ Cara de raíz. ▪ Espesor de la plancha. ▪ Ángulo del bisel. ▪ Ángulo de la junta. ▪ Cara de la soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distingue las diferentes partes de una unión soldada a tope en placa. - Utiliza la nomenclatura técnicamente aceptada para ello. 	<p>2</p>
<p>7. Identifica los tipos de biseles para su selección de acuerdo al espesor del material a soldar y proceso a utilizar.</p>	<p>7.1 Tipos de biseles</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ V. ▪ K. ▪ Doble V. ▪ U. ▪ Ángulos de biselado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Selecciona según criterios técnicos el tipo de bisel a realizar en las placas. - Toma en cuenta las especificaciones técnicas y las características que predominen en la junta. 	<p>2</p>

<p>8. Soldar en acero bajo carbono posición G con el proceso FCAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1G (16 horas). 2G (18 horas). ▪ Probetas 101 x 300 x 9.52mm. ▪ Regulación del equipo: ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. ▪ Apuntalado. ▪ Verifica ángulos de bisel. ▪ Montaje de puentes y extensiones. ▪ Limpia impurezas entre Pases sencillos y múltiples. ▪ Pulido pase de raíz y uñas. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Aplicación de normas de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Suelda en posición 1G y 2G con el proceso FCAW. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica medidas de seguridad durante el trabajo. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica medidas de seguridad durante el trabajo 	<p>25</p>
<p>9. Soldar acero de bajo carbono posición (3G) vertical ascendente y vertical descendente con el proceso FCAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>11.1 Corte de probetas de 101.6 x 300 x 9.52mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulación del equipo: ▪ Selección de corriente, polaridad y el electrodo. ▪ Voltaje a utilizar. ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos de bisel. ▪ Montaje de puentes y extensiones. ▪ Limpia impurezas entre Pases sencillos y múltiples. ▪ Pulido pase de raíz y uñas. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. ▪ Aplicación de normas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Suelda en posición (3G) vertical ascendente y vertical descendente con el proceso FCAW. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica medidas de seguridad durante el trabajo. 	<p>25</p>

<p>10. Examinar probetas de soldadura mediante ensayos destructivos (ED) y no destructivos (END) para la comprobación de la calidad en juntas de plancha.</p>	<p>12.1 Tipos de ensayos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones visuales. ▪ Líquidos penetrantes. ▪ Fracturas ▪ Extracción de probetas. ▪ Instrumentos utilizados. ▪ Reporte de la evaluación. <p>12.2 Líquidos penetrantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Preparación de la superficie. ▪ Aplicación de líquidos. ▪ Reporte de la evaluación. <p>12.3 Ensayo de fractura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas ▪ Doble ▪ Valoración de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Examina probetas de soldadura. - Identifica las diferentes irregularidades. - Analiza resultados según el tipo de ensayo realizado. 	<p>12</p>
<p>11. Identificar los tipos de acero inoxidable a través de sus características.</p>	<p>13.1 Clasificación de los aceros inoxidables en austeníticos, martensíticos y ferríticos, según:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características. ▪ Soldabilidad. ▪ Preparación de las juntas. ▪ Electrodo recomendados. <p>13.2 Efectos de la soldadura en los aceros inoxidables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contracción y dilatación. ▪ Pérdidas de factores químicos. ▪ Técnicas para evitar los efectos negativos por calentamiento. <p>13.3 Gases inertes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialoga - Trabajo individual (cuestionario). - Método de casos. Grupal. - Lectura comentada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica diferentes tipos aceros inoxidables. - Se basa en la clasificación y caracterización de los aceros inoxidables para tomar decisiones técnicas. - Toma en cuenta la soldabilidad de los aceros inoxidables para la regulación de parámetros. - Interpreta adecuadamente la preparación de las juntas. - Reconoce los electrodos recomendados para los aceros inoxidables. - Juzga los efectos de la soldadura según las características estudiadas. 	<p>4</p>

<p>12. Explicar las características del aluminio a través de sus propiedades y soldabilidad según su clasificación para la posterior aplicación.</p>	<p>14.1 El aluminio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soldabilidad del aluminio. ▪ Electrodos para aluminio. ▪ Preparación de juntas. ▪ Intensidades a utilizar en los depósitos de soldadura. ▪ Limpieza en las juntas soldadas sobre aluminio. <p>14.2 Voltajes a utilizar.</p> <p>14.3 Gases inertes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Trabajo individual. - Método de casos. - Lectura comentada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica características del aluminio. - Se basa en la clasificación y caracterización del aluminio para tomar decisiones técnicas. - Toma en cuenta la soldabilidad del aluminio para la regulación de parámetros. - Reconoce los electrodos recomendados para el aluminio. - Juzga los efectos de la soldadura según las características estudiadas. 	<p>5</p>
<p>13. Soldar en posición plana sobre acero inoxidable y aluminio con el proceso (FCAW), aplicando las respectivas normas en salud e higiene ocupacional.</p>	<p>15.1 Junta a tope, canto cuadrado sobre acero inoxidable 200 x 30 x 3.17mm.</p> <p>15.2 Junta a tope canto cuadrado sobre aluminio 200 x 30 x 4.76mm.</p> <p>15.3 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. <p>15.4 Aplicación de normas de seguridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deposita soldaduras en posición plana sobre materiales, proceso FCAW. - Toma en cuenta clasificación de los diferentes materiales. - Previene los efectos de la soldadura. - Advierte situaciones de contracción y dilatación en las juntas. - Regula la máquina según el voltaje recomendado para cada material. - Aplica normas de seguridad durante el trabajo. 	<p>12</p>

<p>14. Estimular competencias socio-afectivas aplicadas a los valores mediante el “Manual de actividades para estimular la empleabilidad desde el aula”.</p>	<p>16.1 Valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoanálisis. ▪ Relaciones interpersonales. ▪ Seguimiento de Instrucciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura comentada. - Desarrolla actividad N° 30 del Manual <i>con Actividades para estimular la empleabilidad desde el aula</i>). - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Responde de manera atenta y adecuada ante situaciones de autoanálisis, conocimiento de otras personas y manejo de la tensión. - Analiza casos del manual de empleabilidad. - Sigue instrucciones, poniendo atención, utilizando el orden de acuerdo a las actividades desarrolladas. 	<p>4</p>
<p>15. Explicar los fundamentos tecnológicos del proceso de Soldadura con Arco Metálico y Núcleo Fundente (FCAW), para su posterior aplicación.</p>	<p>El proceso FCAW. Tipos de rodillos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación. ▪ Clasificación de los materiales de aporte para FCAW según AWS: <p>Auto protegidos. ER71-T3 o 4</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Con protección. ER71-T1 o T2 <p>Técnicas de depósitos de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arrastre. ▪ Empuje. ▪ Perpendicular. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Análisis documental. - Análisis de videos. - Trabajo individual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica los fundamentos tecnológicos del proceso FCAW. - Describe las características del proceso. - Identifica los factores que intervienen en la regulación del equipo. - Identifica los tipos de rodillos y su aplicación con respecto a los tipos de alambre. - Describe la clasificación y tipos de electrodos según la normalización AWS. - Describe las técnicas para realizar los depósitos de soldadura y la preparación de juntas a utilizar en el proceso. 	<p>6</p>
<p>16. Acondicionar el equipo FCAW para aplicar soldaduras sobre acero bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.</p>	<p>18.1 Preparación del equipo para soldar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rodillos. ▪ Rollo de alambre. ▪ Boquilla y tobera. ▪ Regulación del equipo de soldar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. - Exposición dialogada. - Trabajo individual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara el equipo de soldadura según las respectivas regulaciones de parámetros. - Realiza la instalación de los rodillos de acuerdo al tipo de alambre a utilizar. - Instala el rollo de alambre de acuerdo a las indicaciones de la persona docente. - Selecciona la boquilla de acuerdo al diámetro del alambre. - Regula el equipo con respecto a las indicaciones de las tablas. 	<p>4</p>

<p>17. Soldar en posición plana con el proceso FCAW, sobre acero bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.</p>	<p>Juntas a tope en canto cuadrado 200 x 30 x 6.52mm. Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. <p>Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. <p>Aplicación de normas de seguridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Realiza las soldaduras en posición plana. - Acata lo dispuesto por la AWS. - Aplica normas de salud e higiene ocupacional. 	<p>11</p>
<p>18. Soldar acero de bajo carbono en posición F con el proceso FCAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>Posición F:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2F (6 horas). ▪ 3F (12 horas). ▪ 4F (12 horas). <p>Corte de probetas de 101.6 x 150 x 9.52mm.</p> <p>Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos. ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Pases sencillos y múltiples. <p>Aplicación de normas de seguridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Suelda en posición 2F, 3F y 4F con el proceso FCAW. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica normas de seguridad durante el trabajo. 	<p>25</p>

<p>19. Soldar en acero bajo carbono posición G con el proceso FCAW de acuerdo a las normas establecidas.</p>	<p>Posición G:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1G (6 horas). 2G (12 horas). ▪ 3G (12 horas). <p>Corte de probetas de 101.6 x 300 x 9.52 mm.</p> <p>Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Verificación ángulos de bisel. ▪ Montaje puentes y extensiones. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Pulido pase de raíz y uñas. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. <p>Aplicación de normas de salud e higiene ocupacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Suelda en posición 1G, 2G y 3G con el proceso FCAW. - Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS). - Aplica medidas de seguridad durante el trabajo. 	<p>25</p>
--	--	---	---	-----------

ANEXO 6: Insumos requeridos para el módulo FCAW

UM	DESCRIPCIÓN	CANT	DEV	P-REF	TOTAL
I	ACEITE PARA MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	1,00	-	4 950,00	4 950,00
unid	ACERO INOXIDABLE LAM DE 3 17 X 0 914 X 1 828 MM	3,00	-	96 640,00	289 920,00
unid	ALAMBRE TUBULAR E71T - 1H4 DE 1.2 MM (0.045")	30,00	-	62 000,00	1 860 000,00
unid	ALICATE AJUSTABLE SIN AISLAR DE 203.2 MM	15,00	15.00	5 000,00	75 000,00
unid	ALICATE PARA MIG	15,00	15.00	12 000,00	180 000,00
unid	ALUMINIO LAMINADO 4.76 X 1000/1220 X 2000/2440 MM	3,00	-	141 250,00	423 750,00
unid	BANDA (CINTA) DE TEFLON.	5,00	-	120,00	600,00
unid	BOQUILLA P/ SISTEMA MIG DE 0,8 MM	40,00	-	700,00	28 000,00
Kg	CARGA DE ACETILENO	20,00	-	28 450,00	569 000,00
unid	CARGA DE CO2 DE 23 KG	60,00	-	41 000,00	2 460 000,00
unid	CARGA DE GAS ARGON NO 40 (220 PC)	15,00	-	80 000,00	1 200 000,00
unid	CARGAS DE OXIGENO DE 6.23 METROS CÚBICOS	10,00	-	56 000,00	560 000,00
unid	CILINDRO PARA ARGON DE 6.23 METROS CÚBICOS	15,00	15.000	300 000,00	4 500 000,00
unid	CILINDRO PARA CO2 DE 23 KILOS	60,00	15.000	32 000,00	1 920 000,00
unid	CILINDRO PARA GAS ACETILENO	2,00	2.000	380 000,00	760 000,00
unid	CILINDRO PARA GAS OXIGENO	2,00	2.000	300 000,00	600 000,00
Kg	CREMA LIMPIADORA DE MANOS	3,00	-	5 000,00	15 000,00
unid	EXTENSION ELECTRICA DE 15 M	2,00	-	37 623,00	75 246,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA	1,00	1.000	16 000,00	16 000,00
unid	GEL ANTI SALPICADURA O SPRAY	3,00	-	2 260,00	6 780,00
Kg	GRASA MULTISERVICIO NO 2.	1,00	-	5 000,00	5 000,00
unid	HIERRO NEGRO LAM 6 35 X 900/1000 X 1800/2000 MM	8,00	-	43 485,00	347 880,00
unid	HIERRO NEGRO REDONDO DE 9 52 MM	6,00	-	1 715,00	10 290,00
unid	LIJA PARA AGUA NO 150 C	8,00	-	268,00	2 144,00
unid	LIJA PARA AGUA NO 320	8,00	-	300,00	2 400,00
unid	LIQUIDO LIMPIADOR DE 300 GRAMOS	2,00	-	9 500,00	19 000,00
unid	LIQUIDO PENETRANTE DE 300 GRAMOS	2,00	-	13 500,00	27 000,00
unid	LIQUIDO REVELADOR DE 330 GRAMOS	2,00	-	10 500,00	21 000,00
unid	PLETINA DE ACERO ASTM A 36 DE 9.52 X 101.6 MM	50,00	-	23 000,00	1 150 000,00
unid	SOLDADURA ACERO INOXIDABLE MIG DE 0.889 MM.	7,00	-	130 000,00	910 000,00
unid	SOLDADURA DE ACERO SUAVE MIG DE 0.889 MM.	30,00	-	2 500,00	75 000,00
Kg	SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MIG DE 0.889 MM	7,00	-	3 600,00	25 200,00
unid	SULFADIACINA DE PLATA AL 1 % DE 400 GRAMOS	2,00	-	5 500,00	11 000,00
				TOTAL:	₡ 18 150 160,00

ANEXO 7: Programa de Soldadura con Arco Metálico y Protección de Gas (GMAW)

Objetivo General: Soldar con el Proceso: Soldadura con Arco Metálico y Protección Gaseosa (GMAW), para la realización de trabajos de soldadura sobre materiales ferrosos y no ferrosos.

Objetivos específicos	Contenidos	Situaciones de enseñanza y aprendizaje	Evaluación de los aprendizajes	Horas
1. Tomar conciencia de las actitudes y comportamientos propios, evidenciados en el proceso de formación, mediante el cumplimiento de los lineamientos establecidos.	1.1 Actividades introductorias: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación: docente y participantes. ▪ Información del programa. ▪ Documento para participantes. ▪ Diagnostico Técnico. ▪ Reglamento de participantes. ▪ Normas de trabajo en clase. 1.2 Comunicación. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución de problemas. ▪ Respeto. ▪ Responsabilidad. 1.3 Servicio al cliente.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar la actividad para estimular la empleabilidad desde el aula. - Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Dinámica de presentación. - Lluvia de ideas... 	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en las actividades introductorias del módulo. - Atiende las indicaciones dadas. - Analiza el documento para participantes junto con el docente. - Respeta las normas de trabajo en clase establecidas para el desarrollo del módulo. - Muestra una actitud positiva ante las situaciones referentes a la participación en el módulo. - Desarrollar una actitud positiva de trabajo en equipo. 	4
2. Explicar los fundamentos tecnológicos del Proceso Soldadura con Arco Metálico Protegido (GMAW), para su posterior aplicación en la industria metalmecánica, según las normas establecidas.	2.1 Proceso GMAW en la industria metalmecánica: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventajas y desventajas. 2.2 Fuente de poder: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características de la máquina. 2.3 Tipos de corriente CD y VC: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje. ▪ Polaridades. ▪ Inductancia. ▪ Regulación del equipo. 2.4 Tipos de transferencia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Corto circuito. ▪ Globular. ▪ Rocío. 2.5 Mecanismos de tracción del alambre:	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Lectura comentada. - Análisis documental. - Análisis de videos. - Trabajo individual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las características del proceso GMAW. - Describe la máquina de soldar, sus componentes y funciones. - Distingue la corriente y polaridad a usar según las características del trabajo a realizar. - Determina los factores que intervienen en la regulación del equipo. - Diferencia los tipos de transferencias de acuerdo al material a soldar. - Determina los mecanismos de alimentación según su función. 	15

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemas de arrastre y empuje. ▪ Tipos de rodillos. <p>2.6 Accesorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Partes de la pistola para soldar. <p>2.6 Sistema y tipos de gases:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cilindro. ▪ Flujómetros. ▪ Regulación (presión de trabajo). ▪ Tipos de gases y mezclas. ▪ Ventajas y desventajas. <p>2.7 Clasificación de los electrodos ER70S-6, ER308, ER4043 para el proceso GMAW según AWS.</p> <p>2.8 Técnicas para depósitos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Empuje. ▪ Arrastre. ▪ Perpendicular. 		<ul style="list-style-type: none"> - Identifica el tipo de pistola que necesita con respecto al material a soldar. - Describe los factores que intervienen en la regulación y mezcla de los gases. - Clasifica los tipos de electrodos dependiendo de sus características, aplicaciones y normalización AWS. - Identifica las técnicas para el depósito de soldadura y la preparación de las juntas a soldar en el proceso. 	
3. Acondicionar el equipo GMAW para aplicar soldaduras sobre acero bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.	<p>.1 Verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Puesto de trabajo. ▪ Equipos de seguridad. ▪ Máquinas de soldar. <p>.2 Preparación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuente de poder. ▪ Selección boquilla y tobera. ▪ Instalación del rollo de alambre y flujómetro. ▪ Regulación del equipo y gas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. - Trabajo individual. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ordena el puesto de trabajo y prepara las herramientas que intervienen en el trabajo. - Prepara el equipo de soldadura tomando en cuenta los parámetros de trabajo. - Acata lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional. 	4
4. Soldar en posición plana con el proceso GMAW sobre acero bajo carbono, acatando lo dispuesto por la AWS y las respectivas normas de salud e higiene ocupacional.	<p>4.1 Depósito de cordones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lámina 170 x 170 x 2mm. <p>4.2 Juntas a tope:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pletinas de 200 x 30 x 2mm. <p>4.3 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. - Práctica supervisada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara probetas según dimensiones normalizadas. - Regula el equipo según es requerido. - Realiza las soldaduras en posición plana. - Acata lo dispuesto por la AWS. - Aplica las normas de salud e 	17

	<p>4.4 Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. <p>4.5 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. <p>4.6 Aplicación normas seguridad.</p>		higiene ocupacional.	
5. Soldar en acero de bajo carbono posición F con el proceso GMAW de acuerdo a las normas establecidas.	<p>5.1 Posición F:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1F: 12 horas; 2F: 12 horas. ▪ 3F: 18 horas; 4F: 18 horas. <p>5.2 Corte de probetas de 101.6 x 150 x 9.52mm.</p> <p>5.3 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de corriente y/o polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. <p>5.4 Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos. <p>5.5 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. <p>5.6 Normas de seguridad.</p>	<p>- Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>- Regula el equipo según es requerido.</p> <p>- Suelda en posición 1F, 2F, 3F y 4F con el proceso GMAW.</p> <p>- Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p> <p>- Aplica normas de seguridad durante el trabajo.</p>	60
6. Identificar irregularidades en las soldaduras de filete, para su respectiva corrección mediante los parámetros establecidos por la norma.	<p>6.1 Irregularidades externas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exceso o falta de material. ▪ Socavación. ▪ Discontinuidad. ▪ Defectos. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Poros. ▪ Sobre calentamiento. <p>6.2 Irregularidades internas:</p>	<p>- Exposición dialogada.</p> <p>- Acerca de los defectos en soldadura, las causas de estos defectos y consecuencias que pueden traer a futuro.</p> <p>- Demostración.</p> <p>- Práctica supervisada.</p>	<p>- Identifica irregularidades en soldaduras realizadas.</p> <p>- Analiza su apariencia externa e interna.</p> <p>- Aplica criterios de aceptación de los defectos según ASME.</p>	6

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosidad tubular, esférica. ▪ Falta de fusión. ▪ Falta de penetración. ▪ Grietas y fisuras. ▪ Templabilidad del metal. ▪ Causas y consecuencias. ▪ Criterios de aceptación de los defectos, según ASME. 			
7. Tomar conciencia de la importancia de la protección ambiental y el cuidado del entorno laboral a través de la reflexión grupal.	<p>7.1 El ambiente y su importancia para la vida.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevención de la contaminación ambiental. ▪ Reciclaje de residuos de los procesos de soldadura. ▪ Protección ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrolla actividad del Manual con actividades para estimular la empleabilidad en el aula. - Lluvia de ideas. 	<p>Toma conciencia de la importancia de la protección ambiental.</p> <p>Previene la contaminación en las actividades diarias.</p> <p>Recicla residuos de materiales cuando tiene la oportunidad de realizarlo.</p>	2
8. Distinguir las diferentes partes de una junta soldada en plancha, según Nomenclatura.	<p>Partes de una soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abertura de raíz. ▪ Cara de raíz. ▪ Espesor de la plancha. ▪ Ángulo del bisel. ▪ Ángulo de la junta. ▪ Cara de la soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Lluvia de ideas. 	<p>Distingue las diferentes partes de una unión soldada a tope en placa.</p> <p>Utiliza la nomenclatura técnicamente aceptada para ello.</p>	2
9. Identifica los tipos de biseles para su selección de acuerdo al espesor del material a soldar y proceso a utilizar.	<p>Tipos de biseles</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ V; K; Doble V; U. ▪ Ángulos de biselado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. 	<p>Selecciona según criterios técnicos el bisel a realizar en las placas.</p> <p>Toma en cuenta las especificaciones técnicas y características predominantes.</p>	2
10. Soldar en acero bajo carbono posición G, con el proceso GMAW de acuerdo a las normas establecidas.	<p>10.1 Posición G:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1G: 16 horas; 2G: 18 horas. ▪ Corte de probetas de 101.6 x 300 x 9.52mm. <p>10.2 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente y polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. <p>10.3 Armado:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<p>Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>Regula el equipo según es requerido.</p> <p>Suelda en posición 1G y 2G con el proceso GMAW.</p> <p>Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p>	34

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos de bisel. ▪ Montaje de puentes y extensiones. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Pulido pase de raíz y uñas. <p>10.4 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. <p>10.5 Aplicación de normas de seguridad.</p>		<p>Aplica medidas de seguridad durante el trabajo.</p> <p>Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p> <p>Aplica medidas de seguridad durante el trabajo.</p>	
11. Soldar acero de bajo carbono posición (3G) vertical ascendente y vertical descendente con el proceso GMAW de acuerdo a las normas establecidas.	<p>11.1 Corte de probetas de 101.6 x 300 x 9.52mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulación del equipo: ▪ Selección de corriente, polaridad y el electrodo. ▪ Voltaje a utilizar. <p>11.2 Armado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apuntalado. ▪ Verificación de ángulos de bisel. ▪ Montaje de puentes y extensiones. ▪ Limpieza de impurezas. ▪ Pulido pase de raíz y uñas. <p>11.3 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. ▪ Pases sencillos y múltiples. <p>11.4 Aplicación de normas de seguridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración docente de la forma de preparar probetas y realizar la soldadura. - Práctica supervisada. 	<p>Prepara probetas según dimensiones normalizadas.</p> <p>Regula el equipo según es requerido.</p> <p>Suelda en posición 3G, vertical ascendente y vertical descendente con el proceso GMAW.</p> <p>Ejecuta el proceso en condiciones óptimas de acuerdo con las normas establecidas (WPS).</p> <p>Aplica medidas de seguridad durante el trabajo.</p>	30
12. Examinar probetas de soldadura mediante ensayos destructivos (ED) y no destructivos (END) para la comprobación de la calidad en juntas de plancha.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensayos: Inspección visual: ▪ Extracción de probetas. ▪ Instrumentos utilizados. ▪ Reporte de la evaluación. <p>12.1 Líquidos penetrantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas. ▪ Preparación de la superficie. ▪ Aplicación de líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Demostración. 	<p>Examina probetas de soldadura.</p> <p>Identifica las diferentes irregularidades.</p> <p>Analiza resultados según el tipo de ensayo realizado.</p>	12

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reporte de la evaluación. <p>12.2 Fractura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de probetas ▪ Dobleza y Valoración de datos. 			
13. Identificar los tipos de acero inoxidable a través de sus características.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clasificación de los aceros inoxidables en austeníticos, martensíticos y ferríticos, según: ▪ Características. ▪ Soldabilidad. ▪ Preparación de las juntas. ▪ Electrodo recomendados. <p>13.1 Efectos de la soldadura en los aceros inoxidables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contracción y dilatación. ▪ Pérdidas de elementos químicos. ▪ Técnicas para evitar los efectos negativos por calentamiento. <p>13.2 Gases inertes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Trabajo individual (cuestionario). - Método de casos. Grupal. - Lectura comentada. 	<p>Identifica tipos aceros inoxidables. Se basa en la clasificación y caracterización de los aceros inoxidables para tomar decisiones técnicas.</p> <p>Toma en cuenta la soldabilidad para la regulación de parámetros. Interpreta adecuadamente la preparación de las juntas. Reconoce los electrodos recomendados para los aceros inoxidables.</p> <p>Juzga los efectos de la soldadura según las características estudiadas.</p>	3
14. Explicar las características del aluminio a través de sus propiedades y soldabilidad según su clasificación para la posterior aplicación.	<p>14.1 El aluminio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soldabilidad del aluminio. ▪ Electrodo para aluminio. ▪ Preparación de juntas. ▪ Intensidades a utilizar. ▪ Limpieza en las juntas. ▪ Voltajes a utilizar. ▪ Gases inertes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición dialogada. - Trabajo individual. - Método de casos. - Lectura comentada. 	<p>Identifica características. Se basa en la clasificación y caracterización del aluminio. Toma en cuenta regulación de parámetros.</p> <p>Juzga los efectos de la soldadura según las características estudiadas.</p>	3
15. Soldar en posición plana sobre acero inoxidable y aluminio con el proceso GMAW, aplicando las respectivas normas en salud e higiene ocupacional.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Junta a tope acero inoxidable de 200 x 30 x 3.17mm. ▪ Junta a tope sobre aluminio de 200 x 30 x 4.76mm. <p>15.1 Regulación del equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección corriente/polaridad. ▪ Voltaje a utilizar. ▪ Limpieza de impurezas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demostración. - Práctica supervisada. 	<p>Deposita soldaduras en posición plana sobre diferentes materiales con el proceso GMAW. Toma en cuenta la clasificación de los diferentes materiales. Previene los efectos de la soldadura.</p> <p>Advierte situaciones de</p>	12

	<p>15.2 Ejecución de soldadura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección del electrodo. ▪ Ángulos de la antorcha. ▪ Dirección de avance. <p>15.3 Aplicación de normas de seguridad.</p>		<p>contracción y dilatación en juntas. Regula la máquina adecuadamente según el voltaje recomendado para cada material. Aplica normas de seguridad durante el trabajo.</p>	
<p>16. Estimular competencias socio-afectivas aplicadas a los valores mediante el "Manual de actividades para estimular la empleabilidad desde el aula".</p>	<p>16.1 Valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoanálisis. ▪ Relaciones interpersonales. ▪ Seguimiento de Instrucciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura comentada. - Desarrolla actividad del Manual con Actividades para estimular la empleabilidad desde el aula). - Lluvia de ideas. 	<p>Responde de manera atenta y adecuada ante situaciones de autoanálisis y manejo de tensión. Sigue instrucciones, poniendo atención, utilizando el orden de acuerdo a las actividades desarrolladas.</p>	4

ANEXO 8: Insumos requeridos para el módulo GMAW

UM	DESCRIPCIÓN DEL INSUMO	CANT	DEV	P-REF	TOTAL
unid	SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE PARA MIG DE 0.889 MM.	7,00	-	130 000,00	910 000,00
unid	PIQUETAS PARA SOLDADOR PUÑO DE RESORTE	15,00	15.000	2 100,00	31 500,00
unid	ACERO INOXIDABLE LAMINA DE 3 17 X 0 914 X 1 828 MM	3,00	-	96 640,00	289 920,00
unid	ALAMBRE TUBULAR E71T - 1H4 DE 1.2 MM (0.045")	30,00	-	62 000,00	1 860 000,00
unid	ALICATE AJUSTABLE SIN AISLAR DE 203.2 MM	15,00	15.000	5 000,00	75 000,00
unid	ALICATE PARA MIG	15,00	15.000	12 000,00	180 000,00
unid	ALUMINIO LAMINADO 4.76 X 1000/1220 X 2000/2440 MM	3,00	-	141 250,00	423 750,00
unid	ANTEOJOS DE SEGURIDAD COLOR OSCURO	16,00	-	1 700,00	27 200,00
unid	ANTEOJOS PROTECCIÓN LENTE CLARO ANTIASILLABLE	16,00	-	800,00	12 800,00
unid	ARMARIO DE METAL	1,00	1.000	119 000,00	119 000,00
unid	BANDA (CINTA) DE TEFLON.	5,00	-	120,00	600,00
unid	BARRAS DE ESTEATITA (TIZA HUESO PARA METAL)	20,00	-	120,00	2 400,00
unid	BOLIGRAFOS AZULES MARCA BIC	16,00	-	95,00	1 520,00
unid	BOLIGRAFOS ROJOS MARCA BIC	16,00	-	95,00	1 520,00
unid	BOQUILLA P/ SISTEMA MIG DE 0,8 MM	40,00	-	700,00	28 000,00
unid	BORRADORES PARA PIZARRA, DE 130 X 50 MM, CON FELPA	1,00	-	338,00	338,00
unid	CAPUCHA DE CUERO PARA SOLDADOR.	15,00	-	5 000,00	75 000,00
unid	CARGA DE CO2 DE 23 KG	60,00	-	41 000,00	2 460 000,00
unid	CARGA DE GAS ARGON NO 40 (220 PC)	15,00	-	80 000,00	1 200 000,00
unid	CEPILLO CIRCULAR DE ALAMBRE	30,00	-	8 500,00	255 000,00
unid	CEPILLO DE ALAMBRE INOXIDABLE CON MANGO DE MADERA	8,00	-	1 800,00	14 400,00
unid	CHAQUETA PARA SOLDADOR	16,00	0.000	21 000,00	336 000,00
unid	CILINDRO PARA ARGON DE 6.23 METROS CÚBICOS	15,00	15.000	20 000,00	300 000,00
unid	CILINDRO PARA CO2 DE 23 KILOS	15,00	15.000	32 000,00	480 000,00
unid	CINCEL DE 13 X 150 MM	8,00	8.000	2 500,00	20 000,00
unid	CORTA DISCOS PARA ESMERILAR METALES DE 115X6X22MM	30,00	-	1 150,00	34 500,00
Kg	CREMA LIMPIADORA DE MANOS	3,00	-	5 000,00	15 000,00
unid	CUADERNO LOMO DE RESORTE METALICO DE 80 HOJAS	16,00	-	975,00	15 600,00
unid	DELANTAL-PANTALON DE CUERO PARA SOLDADOR	16,00	-	21 760,00	348 160,00
unid	DESTORNILLADOR PHILLIPS PUÑO PLASTICO 6 X 203 MM	1,00	1.000	1 500,00	1 500,00
unid	DESTORNILLADOR PUÑO PLASTICO DE 6 MM X 200 MM	1,00	1.000	3 500,00	3 500,00
unid	DISCO PARA CORTAR METALES 177 X 3.17 MM	30,00	-	1 350,00	40 500,00
unid	DISCO PARA CORTAR METALES DE 100 MM	30,00	-	1 150,00	34 500,00
unid	DISCOS ABRASIVOS PARA CORTAR 101.6 X 3.17 MM	45,00	-	1 150,00	51 750,00
unid	DISCOS ABRASIVOS PARA CORTAR DE 177.8 X 3.17 X 22.2 MM	45,00	-	1 510,00	67 950,00
unid	DISCOS ABRASIVOS ESMERILAR DE 177.8 MM X 6.35 MM	45,00	-	1 875,00	84 375,00
unid	ESCRITORIOS DE METAL DE DOS GAVETAS	1,00	1.000	125 000,00	125 000,00
unid	ESCUADRA AJUSTABLE TIPO UNIVERSAL DE 300 MM	15,00	15.000	3 700,00	55 500,00

unid	EXTENSION ELECTRICA DE 15 M	2,00	-	37 623,00	75 246,00
unid	EXTINTOR DE DIOXIDO DE CARBONO CO2	2,00	2.000	125 000,00	250 000,00
unid	FLEXÓMETRO DE METAL DE 5 M	8,00	8.000	3 200,00	25 600,00
unid	GABACHA TELA DOCOMA COLORES INSTITUCIONALES	1,00	-	12 100,00	12 100,00
unid	GALGAS-CALIBRADOR PARA SOLDADURA ORTOGONAL	1,00	1.000	42 000,00	42 000,00
unid	GEL ANTI SALPICADURA O SPRAY	3,00	-	3 260,00	9 780,00
unid	HIERRO NEGRO LAM 6 35 X 900/1000 X 1800/2000 MM	8,00	-	63 485,00	507 880,00
unid	HIERRO NEGRO REDONDO DE 9 52 MM	6,00	-	11 715,00	70 290,00
Kg	HILASA DE ALGODON PARA LIMPIEZA, DE COLORES	2,00	-	4 200,00	8 400,00
unid	HOJAS DE SIERRA 22 - 26 DIENTES	6,00	-	1 250,00	7 500,00
unid	KIMONO EN TELA DE ARMY COLORES INSTITUCIONALES	15,00	-	17 900,00	268 500,00
unid	LAPIZ MINA GRAFITO 2 HB, CON GOMA DE BORRAR.	16,00	-	114,00	1 824,00
unid	LENTES CLAROS PARA MASCARA DE SOLDAR	60,00	-	150,00	9 000,00
unid	LENTES OSCUROS PARA MASCARA DE SOLDAR GRADO 11	40,00	-	650,00	26 000,00
unid	LIJA PARA AGUA NO 150 C	8,00	-	960,00	7 680,00
unid	LIJA PARA AGUA NO 320	8,00	-	900,00	7 200,00
unid	LIMA ESCOFINA MEDIA CAÑA DE 203.4 MM	3,00	-	7 800,00	23 400,00
unid	LIMA PLANA GRANO MEDIANO DE 304.8 MM	6,00	-	3 445,00	20 670,00
unid	LIQUIDO LIMPIADOR DE 300 GRAMOS	2,00	-	9 500,00	19 000,00
unid	LIQUIDO PENETRANTE DE 300 GRAMOS	2,00	-	13 500,00	27 000,00
unid	LIQUIDO REVELADOR DE 330 GRAMOS	2,00	-	10 500,00	21 000,00
unid	LLAVES AJUSTABLES, DE 304.8 MILIMETROS (12") LONGITUD.	8,00	8.000	12 000,00	96 000,00
unid	LLAVES ALLEN MILIMETRICAS DE 1.5 MM A 10 MM JUEGO	1,00	1.000	17 000,00	17 000,00
unid	MARCADOR NO PERMANENTE.P/PIZARRA ACRILICA	2,00	-	222,00	444,00
unid	MARCADOR TIPO FRASCO, PERMANENTE.	4,00	-	210,00	840,00
unid	MARCOS PARA SEGUETA	3,00	3.000	6 000,00	18 000,00
unid	MASKING TAPE DE 12 MM MARCA SCOTCH 3M	3,00	-	678,00	2 034,00
unid	MAZO DE BOLA DE 460 GRAMOS	8,00	8.000	5 000,00	40 000,00
unid	MAZO DE BOLA DE 920 GRAMOS	8,00	8.000	8 792,00	70 336,00
unid	MESA POSICIONADORA PARA SEA	15,00	15.000	35 000,00	525 000,00
unid	NUMERO DE ACERO P/ MARCAR DE 7.93/8 MM EN JUEGO	1,00	-	20 000,00	20 000,00
unid	PAPEL XEROGRAFICO 75 G/M2 21.6 X 27.9 CM	500,00	-	6,00	3 000,00
unid	PIZARRA PARA PARED, DIMENSIONES 120CX120CM	1,00	1.000	40 000,00	40 000,00
unid	PLETINA DE ACERO ASTM A 36 DE 9.52 X 101.6 MM	50,00	-	23 000,00	1 150 000,00
unid	PRENSA TIERRA PARA SOLDAR DE 300 AMP	5,00	-	7 385,00	36 925,00
unid	PROTECTOR AUDITIVO REUTILIZABLE	20,00	-	750,00	15 000,00
unid	PUNTA PARA TRAZAR EN METAL DE 200 MM	15,00	15.000	2 600,00	39 000,00
unid	PUNTO CENTRO DE 10 X 150 MM	8,00	8.000	1 896,00	15 168,00
unid	REGLAS PLEGABLES DE ACERO DE 300 MM	8,00	8.000	21 340,00	170 720,00
unid	SIERRA ACERO PLATA DE 12.7 X 304.8 MM DE 18 DIENTE	6,00	-	1 200,00	7 200,00
unid	SOLDADURA DE ACERO SUAVE PARA MIG DE 0.889 MM.	30,00	-	17 000,00	510 000,00
Kg	SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MIG DE 0.889 MM	20,00	-	75 000,00	1 500 000,00
unid	SULFADIACINA DE PLATA AL 1 % TARROS DE 400 GRAMOS	2,00	-	11 000,00	22 000,00

unid	TOBERA DE COBRE PARA MIG 12.7 MM	20,00	-	6 679,00	133 580,00
unid	TUBO DE CONTACTO 0,8 MM (0.030")	45,00	-	1 700,00	76 500,00
unid	TUBO DE CONTACTO DE 0,9 MM (0.035")	20,00	-	1 825,00	36 500,00
				TOTAL:	€ 15 967 100,00

ANEXO 9: Ejemplos de simuladores

Figura 8.2 Ilustración de un simulador para soldadura 01



Imagen tomada del catálogo Lincoln: WELDING TRAINING SOLUTIONS VRTEX® ENGAGE

Figura 8.3 Ilustración de un simulador para soldadura 02



Imagen tomada del catálogo Lincoln: VIRTUAL REALITY WELDING TRAINER VRTEX® MOBILE

Anexo 10: imagen sobre costo de una unidad UPS

Figura 8.4 imagen de unidad UPS



APC UPS EASY BV 800VA, AVR, 120V

\$104.00

Imagen tomada de: <https://www.lanprosa.com/139-ups>