



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
ESCUELA DE POSTGRADO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
MAESTRÍA EN GESTION DE PROYECTOS**

**PROYECTO/TRABAJO DE GRADUACION  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:**

**MAGISTER EN GESTION DE PROYECTOS**

**TEMA:**

**“Disminución de Reprocesos en la Fabricación de Productos Soldados en  
una Empresa del Sector Metalmecánico del País”**

**AUTOR:**

**Cristhian Leonardo León Parra, Ing. Mec.**

**DIRECTORA:**

**Julia Delmira Bravo González, MBA**

**Guayaquil, Ecuador**

**Febrero, 2017**

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto propuesto en este trabajo tiene como objetivo contribuir a la disminución de repcesos en la fabricación de productos soldados en una importante empresa del sector metalmeccánico ecuatoriano. Para el efecto, se plantea empezar por mejorar los conocimientos técnicos del personal de soldadura-proceso clave en la línea de negocio *productos soldados* y una de las de mayor valor agregado, que actualmente representaría el 33% de las *no conformidades* referentes a la calidad del producto.

Experiencia reciente del autor en el área de *calidad* mostró resultados positivos capacitando a personal de diferentes procesos de manufactura, incluyendo la soldadura. Dicho proceso de capacitación fue llevado a cabo durante el periodo de 2012 a 2014, superando las 350 horas hombre de capacitación. El resultado obtenido fue la reducción de casos de no conformidades (notificadas por el cliente).

Como parte de la revisión bibliográfica se encontró que la literatura técnica de soldadura en materia de capacitación tiene básicamente dos enfoques: (a) el americano, basado en normativas; y (b) el europeo, basado en procesos. Así mismo, se encontró que la oferta local de servicios de capacitación para personal de soldadura no respondería a las necesidades del sector de la construcción metalmeccánica, debido a su falta de atención a las diferentes normativas ampliamente aplicadas por diseñadores, constructores, y fiscalizadores, entre otros. Por ello, el proyecto plantea un proceso de capacitación personalizado, diseñado a partir de códigos, estándares, y demás literatura de soldadura tanto internacional como local; con un estilo participativo que garantice un mayor porcentaje de retención de la información a impartir.

Para establecer una solución al problema central se aplicó como referencia la Metodología de Marco Lógico (MML). Además, para complementar el análisis del problema central, y otros propósitos pertinentes, se requirió también de técnicas de investigación exploratoria tales como (a) taller – grupo focal, y (b) entrevistas a expertos del ramo, principalmente. Los entregables de este trabajo de titulación son básicamente dos:

1. Matriz de Marco Lógico (pág. 68), y
2. Análisis integral del proyecto (pág. 80), el cual incluye
  - análisis técnico (balances, presupuesto, cronograma, descripción de equipo de proyecto requerido, y otros detalles técnicos de soporte);
  - análisis económico (cálculo de beneficios, flujo económico, indicadores económicos); y
  - otros resultados de interés para una acertada implementación del proyecto (diagnóstico técnico realizado a un tercio del personal de soldadura; modelo de evaluación técnica utilizado; estructura modular para la componente de capacitación técnica del personal de soldadura).

Para implementar el proyecto se necesitaría de 32 semanas y un monto aproximado de 47 mil dólares, valor que sería cubierto por la empresa de estudio en su totalidad. Debido a su naturaleza este proyecto no generaría ingresos monetarios; sin embargo, se obtendrían beneficios económicos provenientes de la reducción de costos por repcesos, y del ahorro en servicios sub-contratados evitados. De hecho, los indicadores económicos ratifican la rentabilidad del proyecto, destacando una VANe de 265 mil dólares evaluado para un periodo de cinco años.

Los componentes del proyecto son:

1. Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.
2. Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.
3. Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.

## Agradecimientos

Este trabajo de titulación no hubiera sido posible sin la colaboración de:

**Julia Bravo, MBA.** Por la dirección general de este trabajo de titulación, revisiones periódicas y guía para una adecuada estructuración del documento, consecución de entrevistas con funcionarios del MIPRO y la SETEC, y aporte de información clave para el desarrollo de este trabajo;

**Alex Cevallos, PMP.** Por su rigurosidad y apoyo, a través de sus precisiones y recomendaciones, claves para el mejoramiento de este trabajo de titulación, previo a su sustentación pública;

**Alfredo Armijos, PMP.** Por sus importantes observaciones y recomendaciones para el mejoramiento de este trabajo de titulación, previo a su sustentación pública;

**Javier Peralta, SCWI.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo, asesoramiento técnico vía correo electrónico y telefónica, y revisión de aspectos técnicos en este trabajo;

**Fredi Miño, ASNT III (UT).** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo;

**Telmo Sánchez, PhD.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo;

**Paúl Ajila, CWI.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo;

**Marlon Arboleda, CWI.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo, y por la visita técnica en su laboratorio de control de calidad;

**Paula Morla, Eco.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo;

**Tamara Tapia, Ing.** Por la entrevista concedida como parte de las técnicas implementadas en este trabajo;

**Rodrigo Romero, MSc.** Por su colaboración en la revisión de aspectos técnicos del tema central;

**Gabriel Arellano, MSc.** Por su colaboración en la revisión de aspectos técnicos del tema central;

**José Luis Estrada, Ing.** Por las facilidades prestadas para la realización del taller de grupo focal;

El personal de soldadura y funcionarios de la empresa de estudio, elementos clave en la justificación de este trabajo de titulación; y

Los funcionarios de ESPAÉ, especialmente Daniela Álava y Luisa Vera, por su gentil soporte en el proceso de regularización documental.

## **Dedicatoria**

*A Dios.*

*A María Parra, mi madre; por los principios y valores inculcados.*

*A mi padre y hermanos.*

*A mi mujer, y a mi primogénita, que por esas cosas de la vida, vino al mundo en vísperas de la culminación de este trabajo; ¡qué maravilloso aliciente!*

*A todos aquellos comprometidos con el mejoramiento de la calidad en nuestro país, especialmente en el sector metalmecánico.*

*Con respecto y consideración, a nuestra Alma Mater, la ESPOL, y a su Escuela de Postgrado en Administración de Empresas, la ESPAE.*

## TABLA DE CONTENIDO

### Índice General

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>i</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>vi</b>
Índice General.....	vi
Índice de Tablas .....	x
Índice de Figuras.....	xii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1    Determinación del Problema .....	1
1.2    Objetivos del Trabajo de Titulación .....	2
1.2.1    Objetivo general .....	2
1.2.2    Objetivos específicos.....	2
1.3    Justificación e Importancia .....	3
1.4    Área de Intervención del Proyecto.....	4
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>9</b>
2.1    Notas Breves del Sector Metalmecánico .....	9
2.2    Procesos de Manufactura Relacionados con el Sector de la Construcción.....	11
2.2.1    Procesos de transformación del acero .....	11
2.2.2    Tipos de procesos de soldadura.....	14
2.3    Contexto Normativo en el Ámbito de la Soldadura.....	15
2.3.1    Tipos de documentos.....	15
2.3.2    Carácter de aplicación .....	16
2.3.3    Términos clave .....	17
2.3.4    Documentos aplicables.....	17
2.4    Requerimientos Técnico-Operativos en Soldadura .....	17

2.4.1	Definiciones.....	17
2.4.2	Personal de soldadura.....	18
2.4.3	Requerimientos técnicos del personal de soldadura.....	18
2.4.4	Calificación del personal de soldadura.....	19
2.4.5	Certificaciones profesionales a nivel de soldadura.....	20
2.5	Algunos Tópicos sobre Implementación y Mejoramiento de la Calidad.....	20
2.5.1	Inversión en calidad.....	22
2.5.2	Costos resultantes de una calidad deficiente.....	22
2.5.3	Inversión en calidad versus costos resultantes.....	23
2.5.4	Avances en Ecuador en materia de comercio, capacitación, y normativa.....	25
2.5.5	Tendencias en el extranjero.....	27
2.5.6	Revisión bibliográfica sobre el tema central.....	29
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>31</b>
3.1	Selección de Técnicas de Soporte.....	31
3.2	Taller - Grupo Focal.....	32
3.2.1	Características.....	32
3.2.2	Objetivos del taller.....	32
3.2.3	Evaluación técnica del personal operativo.....	33
3.3	Entrevistas a Expertos.....	34
3.3.1	Tópicos de las entrevistas.....	34
3.3.2	Selección del panel de expertos.....	34
3.4	Metodología de Marco Lógico.....	35
3.4.1	Definición del problema central.....	35
3.4.2	Análisis de fuerzas.....	35
3.4.3	Análisis de involucrados.....	36
3.4.4	Análisis del problema.....	39
3.4.5	Análisis de objetivos.....	39
3.4.6	Análisis de alternativas.....	39
3.4.7	Construcción de la Matriz de Marco Lógico.....	40
<b>4.</b>	<b>PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1	Identificación y Caracterización de los Beneficiarios del Proyecto.....	41
4.2	Desarrollo del Taller - Grupo Focal.....	44
4.2.1	Agenda.....	44

4.2.2	Resultados de la evaluación técnica .....	45
4.2.3	Formulación de causas .....	47
4.2.4	Hallazgos durante conversatorio .....	48
4.2.5	Fuentes potenciales de error .....	49
4.3	Contribución de Expertos .....	49
4.4	Otras Entrevistas .....	50
4.5	Otros Hallazgos.....	51
4.6	Desarrollo de la Metodología de Marco Lógico .....	51
4.6.1	Análisis del problema .....	51
4.6.2	Análisis de objetivos.....	58
4.6.3	Análisis de alternativas.....	61
4.7	Matriz de Marco Lógico .....	68
<b>5.</b>	<b>PROPUESTA DE PROYECTO.....</b>	<b>71</b>
5.1	Tipo de Proyecto .....	71
5.2	Finalidad .....	71
5.3	Propósito .....	71
5.4	Componentes .....	71
5.5	Actividades .....	71
5.6	Indicadores y Medios de Verificación .....	72
5.6.1	Indicadores de resultado .....	72
5.6.2	Seguimiento a la ejecución del proyecto .....	73
5.7	Supuestos y Riesgos.....	74
5.7.1	Supuestos .....	74
5.7.2	Riesgos .....	75
5.8	Presupuesto .....	76
5.9	Cronograma .....	77
5.10	Análisis Integral.....	80
5.10.1	Viabilidad técnica.....	80
5.10.2	Viabilidad económica.....	87
5.10.3	Análisis de impacto ambiental.....	91
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
6.1	Conclusiones.....	92
6.1.1	Conclusiones acerca del trabajo de titulación .....	92

6.1.2	Otras conclusiones y comentarios .....	93
6.2	Recomendaciones .....	94
6.2.1	Recomendaciones aplicadas al proyecto .....	94
6.2.2	Recomendaciones académicas.....	95
6.2.3	Recomendaciones políticas .....	95
6.2.4	Otras recomendaciones.....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>		<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>		<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>103</b>
Anexo A.	Funciones del CWI, CAWI, SCWI .....	104
Anexo B.	Funciones del CWS .....	106
Anexo C.	Inversión en Calidad-Rubros Típicos .....	108
Anexo D.	Costos Resultantes de una Calidad Deficiente-Rubros Típicos .....	111
Anexo E.	Documentos Levantados por la SETEC .....	114
Anexo F.	Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura .....	115
Anexo G.	Galería Grupo Focal .....	126
Anexo H.	Resultados de Entrevistas a Expertos .....	127
Anexo I.	Diseños Macro Curriculares para Componente de Capacitación .....	134
Anexo J.	Galería: Experiencia Piloto – Proceso de Capacitación 2012-2014 .....	135
Anexo K.	Empresas Metalmecánicas de Ecuador .....	138
Anexo L.	Fundamentos sobre la Reducción de Costos por Reprocesos.....	141
Anexo M.	Ideas de Proyectos .....	145
	Nota Autobiográfica .....	146

## Índice de Tablas

Tabla 1. Sub Sectores de la Metalmecánica .....	10
Tabla 2. Áreas Cubiertas por los Códigos de Soldadura de la AWS.....	11
Tabla 3. “Resumen de Tipos de Estándares y sus Aplicaciones” .....	15
Tabla 4. Carácter de Aplicación Normativa .....	16
Tabla 5. Certificaciones Profesionales ofrecidas por la AWS .....	20
Tabla 6. Desglose de Costos como Porcentaje de las Ventas.....	25
Tabla 7. Ventajas y Beneficios de Capacitar a los Supervisores de Soldadura.....	28
Tabla 8. “The Reason Analysis of the Quality Problems” .....	29
Tabla 9. Tópicos de la Evaluación Técnica .....	33
Tabla 10. Panel de Expertos .....	35
Tabla 11. Matriz de Análisis de Fuerzas .....	36
Tabla 12. Matriz de Análisis de Involucrados .....	38
Tabla 13. Datos Básicos del Personal de Soldadura.....	41
Tabla 14. Nivel Técnico y Operativo de una Muestra del Personal.....	44
Tabla 15. Resultados de la Evaluación Técnica para una Muestra del Personal.....	46
Tabla 16. Resultados de Evaluación por Tópicos .....	46
Tabla 17. Causas Formuladas mediante Taller – Lluvia de Ideas .....	47
Tabla 18. Causas Extraídas del Conversatorio .....	48
Tabla 19. Causas Proporcionadas por Expertos .....	50
Tabla 20. Identificación de Acciones .....	61
Tabla 21. Postulación de Alternativas .....	63
Tabla 22. Matriz de Análisis de Alternativas .....	64
Tabla 23. Matriz de Planificación del Proyecto .....	68
Tabla 24. Valoración de Avance del Proyecto .....	73
Tabla 25. Riesgos del Proyecto .....	75
Tabla 26. Matriz RACI.....	78
Tabla 27. Dimensionamiento-Participantes.....	80
Tabla 28. Balance para Ejecutar la Capacitación .....	83
Tabla 29. Balance Diagnóstico Técnico .....	84
Tabla 30. Dotación de Galgas de Soldadura .....	85
Tabla 31. Balance de Accesorios Adicionales .....	85
Tabla 32. Balance de EPP Adicional.....	85
Tabla 33. Balance de Activos .....	86

Tabla 34. Balance de Certificación de Equipo Técnico .....	86
Tabla 35. Servicios Sub Contratados Evitados.....	89
Tabla 36. Inversión por Componentes.....	89
Tabla 37. Indicadores Económicos del Proyecto .....	90

## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de Plantas de Producción.....	5
Figura 2. No conformidades Clasificadas por su Origen .....	8
Figura 3. Contexto Teórico Básico de la Problemática.....	9
Figura 4. Ruta de Fabricación Típica de un Producto Soldado.....	13
Figura 5. Factores del Proceso de Soldadura.....	14
Figura 6. "Evolución de la Era de la Calidad" .....	21
Figura 7. Costos Asociados a una Implementación de Calidad .....	22
Figura 8. Comportamiento del Costo de Prevención.....	23
Figura 9. Combinación de Costos Controlables y Resultantes.....	24
Figura 10. Evolución en el Tiempo de los Costos Controlables y Resultantes.....	24
Figura 11. Evolución de Algunos Métodos de Enseñanza .....	28
Figura 12. "Voice of Customers" .....	30
Figura 13. "Clasificación de los Diseños de Investigación de Mercados" .....	31
Figura 14. Mapeo de Involucrados .....	37
Figura 15. Distribución de Edad del Personal de Soldadura .....	43
Figura 16. Distribución de Resultados de la Evaluación Técnica del Personal .....	45
Figura 17. Uso de Producto Ensamblado Defectuoso-Causas .....	52
Figura 18. Uso de Insumos en Mal Estado-Causas .....	53
Figura 19. Control de Calidad Poco Efectivo-Causas .....	54
Figura 20. Aplicación de Técnicas de Soldadura Inapropiadas-Causas.....	55
Figura 21. Los Equipos de Soldadura no están 100% Operativos-Causas.....	55
Figura 22. Árbol de Efectos.....	56
Figura 23. Árbol de Causas .....	57
Figura 24. Árbol de Fines .....	59
Figura 25. Árbol de Medios.....	60
Figura 26. Estructura Analítica del Proyecto .....	67
Figura 27. Estructura de Desglose de Trabajo.....	72
Figura 28. Flujo de Inversiones del Proyecto .....	76
Figura 29. Cronograma de Ejecución del Proyecto .....	77
Figura 30. Estructura Modular para la Componente de Capacitación.....	82
Figura 31. Niveles de Retención de la Información .....	82
Figura 32. Modelo de Disminución de Pérdidas con Proyecto .....	88
Figura 33. Flujo Económico por Componentes.....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS

AACSB	Association to Advance Collegiate Schools of Business
ACONSEND	Asociación Colombiana de Soldadura y Ensayos No Destructivos
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASNT	American Society for Nondestructive Testing
AWS	American Welding Society
BCE	Banco Central del Ecuador
CAMICON	Cámara de la Industria de la Construcción de Quito (Ecuador)
CAWI	Certified Associate Welding Inspector
CCE	Corporación Calidad Ecuador
CIMEG	Colegio de Ingenieros Mecánicos del Guayas
CoPQ	Cost of Poor Quality
CoQ	Cost of Quality
CWI	Certified Welding Inspector
CWS	Certified Welding Supervisor
CWQC	Company Wide Quality Control
DMAIC	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAP	Estructura Analítica del Proyecto
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo

EPP	Equipo de Protección Personal
ERP	Enterprise Resource Planning
ESPAE	Escuela de Posgrado en Administración de Empresas de la ESPOL
FCAW	Flux Core Arc Welding
FODA	Fortalezas – Oportunidades – Debilidades – Amenazas
GMAW	Gas Metal Arc Welding
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
MIPRO	Ministerio de Productividad
MOOCs	Massive Open On-line Courses
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
PDCA	Plan – Do – Check – Act
PMBOK	Project Management Book of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PIB	Producto Interno Bruto
Pro Ecuador	Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones
RACI	Responsible – Accountable – Consulted – Informed
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
SETEC	Secretaria Técnica de Capacitación y Formación Profesional
SAW	Submerged Arc Welding
SCWI	Senior Certified Welding Inspector
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje (Colombia)
SGC	Sistema de Gestión de la Calidad

SMAW	Shielded Metal Arc Welding
SPC	Statistical Process Control
SQC	Statistical Quality Control
TIRe	Tasa Interna de Retorno (económico)
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
USFQ	Universidad San Francisco de Quito
UT	Ultrasonic testing
USD	United States Dollars
VANe	Valor Actual Neto (económico)
WBS	Work Breakdown Structure
WPQ	Welder Performance Qualification
WPS	Welding Procedure Specification

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Determinación del Problema

El reproceso es una situación inevitable en algunas plantas de producción de bienes y servicios; este consiste en rehacer uno o más procesos para corregir un defecto parcial o total en un producto, y así devolverle su estatus de *conformidad*. Su pertinencia, costo, impacto, y otros factores dependen del tipo de industria y proceso de manufactura desde el cual se origina. De allí que algunas empresas inviertan más o menos recursos en soluciones que eviten o disminuyan su aparición.

En el caso del sector metalmecánico, el reproceso podría llegar a ser muy costoso, sobre todo en procesos de gran valor agregado, como por ejemplo, la soldadura; dependiendo del volumen de producción, frecuencia de ocurrencia, costos asociados, e impacto sobre el cliente, entre otros. Puntualmente, en una empresa ecuatoriana dedicada a la construcción de estructuras de acero, dicho costo ha ascendido a un monto de seis cifras bajas, el cual contrastado con el volumen de ventas (toneladas)<sup>1</sup> representaría una cifra importante.

Más allá de lo monetario, esta situación es motivo de preocupación para la alta dirección por la afectación relativamente irreversible que está sufriendo la marca de la empresa. De hecho, este caso respondería a una brecha de “problemas” relacionados con la calidad de los productos, que la empresa de estudio hasta la actualidad no ha conseguido controlar adecuadamente.

Como se revisará más adelante, los costos totales de un proceso de *implementación de calidad* (prevención, evaluación, errores internos, errores externos) representan alrededor del 5 al 25% de las ventas anuales (Harrington, 1990). Dentro de este rango, los errores internos y externos representarían entre el 3 al 15% de las ventas anuales, lo cual mostraría que el reproceso podría llegar a ser muy importante en términos monetarios y económicos para cualquier organización de no existir algún tipo de intervención en materia de *calidad*.

Específicamente sobre reprocesos de productos soldados en el sector metalmecánico se ha publicado muy poco, al menos en los idiomas español e inglés. Probablemente, Barckhoff (1982) a través de la sociedad americana de soldadura, sea la mejor contribución sobre el tema, mediante su propuesta para gestionar totalmente la soldadura, cuyo objetivo ha sido el mejoramiento de la productividad en la soldadura, con una consecuente reducción de los costos de producción. Bajo este enfoque, Hufsey (2003) aplicó la tesis de Barckhoff en un programa de entrenamiento y certificación de supervisores de soldadura logrando importantes ahorros anuales por soldador. Harrington (1990), en cambio tiene un estudio más amplio del tema enfocado en los costos de la mala calidad, enfatizando en los beneficios de invertir en proyectos de mejoramiento de la calidad. Otros trabajos importantes relacionados con el tema central lo constituyen por un lado, la tesis del autor chino Sun (2009), quien estudió los defectos de soldadura en subcontratistas del sector de la construcción con acero. Su trabajo plantea la aplicación de la teoría de Barckhoff junto

---

<sup>1</sup> En este trabajo no se precisará este dato para proteger la identidad de la empresa de estudio. Lo que sí se puede indicar es que esta empresa se encuentra entre las diez primeras posiciones de la tabla K1 en el Anexo K

con el ciclo PDCA (Plan – Do – Check – Act) de Deming, concluyendo en la importancia del entrenamiento y evaluación, tanto del soldador como del personal de inspección. Alternamente, Yousaf e Ikramullath (2013), aplicaron la metodología Six Sigma DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) para reducir la tasa de reparación en el proceso de productos soldados. Lo que sí es claro, y en esto coincide la mayoría de autores, que para mejorar la calidad y productividad se requiere de una inversión integral.

Una inversión integral debería ser producto de un análisis integral de lo que se desea solucionar. Esto, solo es posible mediante la aplicación de metodologías eficaces, apropiadas al contexto de la empresa de estudio, demostrando compatibilidad con el país, región geográfica, provincia, sector de la empresa, línea de negocio, y sobre todo la madurez de la cultura (organizacional) de los colaboradores, entre otros.

Como resultado de una revisión bibliográfica previa, se podría concluir que localmente no se dispone de algún tipo de estudio publicado (original o adaptado de literatura extranjera) sobre reprocesos de productos soldados en el sector metalmeccánico. Por ello, resultaría una contribución importante para atacar este “vacío” teórico, analizar objetivamente la problemática de una empresa puntual, y proponer una solución atractiva para la alta dirección.

Pero, el tema del reproceso no pasa solamente por asunto teórico, sino por una necesidad real de mantener una gestión sostenida entre calidad y la productividad. De hecho, la idea es que con los resultados de su estudio, se contribuya a disminuir el reproceso y por ende los costos asociados, entre otros. No preocuparse en este tema podría llevar a una relevante afectación de la imagen de cualquier empresa; hecho que, sí es valorado por algunos clientes, como es el caso de los países árabes, quienes “no ven con buenos ojos los productos de baja calidad, aunque sean baratos” (El Comercio, 2015).

Considerando lo expuesto, este trabajo busca plantear un proyecto aplicable a la línea de negocios *productos soldados* que permita disminuir los reprocesos en una empresa del sector metalmeccánico local. Específicamente, se persigue determinar una solución apropiada para el problema central identificado, mediante alguna metodología conveniente; y a partir esta, desarrollar un análisis integral, con el cual la solución final quede plenamente definida y especificada. Por ello, se plantea una interrogante que da lugar a este trabajo: *¿Es posible desarrollar un proyecto para la empresa de estudio que atienda la problemática expuesta?*

## **1.2 Objetivos del Trabajo de Titulación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un proyecto que contribuya a disminuir los reprocesos en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmeccánico del país.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Establecer una solución para el problema central identificado en la empresa de estudio empleando como referencia la Metodología de Marco Lógico.
2. Determinar el alcance del proyecto mediante el análisis y evaluación de la información obtenida.
3. Realizar un análisis integral para la solución determinada en el objetivo específico #1.

### 1.3 Justificación e Importancia

Mediante la implementación del proyecto desarrollado más adelante se espera una reducción sustancial de reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas metalmeccánicas de Ecuador; realizar este trabajo está justificado además por

- la importancia del sector metalmeccánico,
- la relevancia de los costos asociados con el reproceso, y
- el vacío teórico (necesidad insatisfecha) existente sobre el tema central.

**Importancia del sector.** El sector metalmeccánico en Ecuador mostraría un crecimiento económico importante en los últimos años. Solamente en el período de 2012 a 2014, dicho sector generó ingresos en el rango de los 1500 a 2000 millones de dólares<sup>2</sup>. No ajeno a aquello, la empresa de estudio también ha tenido un crecimiento económico destacado durante los últimos años de operaciones, sin embargo cada año sus reportes financieros arrojan considerables cifras negativas por concepto de reprocesos, multas, entre otros.

**Relevancia de costos.** Las deficiencias en la calidad del producto soldado pueden generar la necesidad de reproceso. De acuerdo a la magnitud del producto (o de la obra) el reproceso puede ser ejecutado dentro o fuera de una planta de producción (cobertura de garantía). Algunos rubros<sup>3</sup> asociados con el reproceso son

- multas;
- lucro cesante;
- descuento;
- mano de obra propia (pudiendo incluir horas extras);
- mano de obra subcontratada;
- producción que se deja de hacer<sup>4</sup>;
- materia prima nueva o adicional;
- insumos y consumibles, nuevo o adicional;
- transporte y logística (para retirar el producto no conforme y traerlo nuevamente hasta la planta);
- transporte y logística (para re-enviar el producto conforme);
- energía eléctrica;
- depreciación de máquinas, equipos, y herramientas;
- movilización y/o viáticos de personal de verificación; y
- costos administrativos, entre otros.

---

<sup>2</sup> Estas cifras se obtuvieron para las empresas más representativas del sector metalmeccánico, vinculadas a la construcción. Ver Anexo K

<sup>3</sup> Así mismo el porcentaje de cada rubro sobre el monto total del reproceso dependerá del tipo de no conformidad y del tratamiento a dar.

<sup>4</sup> Al respecto, el autor ha estudiado cómo afecta los tiempos muertos al ratio de producción en el ámbito de la construcción metalmeccánica. Nombre del artículo: “Escenarios de producción en una planta procesadora de acero: Un análisis de tiempos productivos versus tiempos muertos”. Véase la Nota Autobiográfica en la página final de este trabajo.

Como se aprecia, un reproceso no significa solamente volver a hacer un trabajo (*mano de obra*) para devolverle el estatus de *conforme* a un producto, sino que existen otros rubros que podrían llegar a ser más costosos que la mano de obra. Por ejemplo, en el caso de las multas, al menos en la empresa de estudio (de acuerdo a sus políticas comerciales) el valor por cada día de retraso se calcula como el uno por mil del monto total del contrato, con un tope del 10% de dicho monto<sup>5</sup>, aplicando para contratos a partir de los 50 mil dólares.

Por otro lado, es oportuno indicar que en 2013 y 2014, las ventas de la línea de productos soldados representaron el 34% y 20% de los ingresos totales de la empresa respectivamente<sup>6</sup>. En este periodo la empresa de estudio canceló entre 200 y 300 mil dólares por concepto reprocesos y sus rubros asociados<sup>7</sup>. Suponiendo el desembolso mayor para el año 2013, y el menor para el 2014, se tiene que los reprocesos representan el 1.4% de los ingresos de la línea (coincidentemente) para ambos años. En la práctica, este porcentaje apenas representaría los valores de multas, mano de obra subcontratada, transporte, y descuento, que resultan ser los rubros de más fácil contabilización; lo anterior sin mencionar que existen muchos más rubros como los que se muestran en el Anexo D que de ser contabilizados incrementaría claramente dicho porcentaje hasta llevarlo probablemente a los rangos señalados por Harrington (1990); ver Tabla 6.

**Vacío teórico (necesidad insatisfecha).** En el país no existe literatura publicada que demuestre los beneficios obtenidos al implementar adecuados procesos de mejoramiento de conocimientos. De hecho, la empresa de estudio no ha realizado evaluaciones rigurosas que den una idea de la eficacia de los “planes de capacitación” implementados, sino que se limita a cumplir enviando a su fuerza laboral a cursos tanto externos como internos.

#### 1.4 Área de Intervención del Proyecto

El proyecto a proponer estaría dirigido a una de las tres plantas industriales de la empresa de estudio ubicada en la región costa. Esta planta es la más grande de todas y es donde se fabrica los productos soldados (ver Figura 1). Su catálogo incluye el suministro y fabricación de

- columnas para edificios y torres de transmisión (*monopolos*),
- vigas principales,
- vigas secundarias,
- elementos conectores,
- vigas para puentes vehiculares, entre otros productos que son requeridos en la construcción de residencias y edificios del sector privado y la industria, el sector de las telecomunicaciones, y diferentes obras del gobierno en las cuatro regiones del país.

El proyecto excluiría de su alcance al producto *tubería* (redonda, cuadrada, y rectangular) soldada de hasta 3 mm de espesor de pared. A continuación se ofrece una descripción de algunos aspectos relevantes de la empresa en estudio, pertinentes a la problemática planteada.

---

<sup>5</sup> Se necesitarían 100 días de retraso para llegar al 10% del monto contrato.

<sup>6</sup> La empresa de estudio se encuentra dentro de las 10 primeras posiciones de la lista del Anexo K.

<sup>7</sup> Datos obtenidos de buena fuente mediante correo electrónico; no fue posible la obtención de datos más detallados, como por ejemplo su desagregación por mes. Por protección de identidad no se precisa la fuente.

**Perfil de la empresa de estudio.** La empresa de estudio está dedicada al procesamiento y construcción de estructuras de acero. Para ello, cuenta con tres plantas de producción, y varios puntos de venta y distribución, tanto dentro del país como en el extranjero. Dos de sus plantas están ubicadas en la región sierra y una planta en la región costa<sup>8</sup>. Bajo este esquema de negocio, es común que algunos productos que inician su *ruta de fabricación*<sup>9</sup> en la sierra lo completen en la costa. La Figura 1 representa<sup>10</sup> las plantas de producción descritas junto con los tipos de productos que en ellas se fabrican.

Los productos ofertados por la empresa se clasifican en dos categorías: (a) *commodities*, y (b) productos *bajo pedido*. A su vez, las ventas se realizan de manera directa al cliente o por medio de franquicias, con quienes mantiene convenios de distribución de sus productos.

Respecto a los productos *bajo pedido*, estos principalmente se fabrican mediante los procesos de manufactura que se describe más adelante en la sección 2.2.1. A su vez, dentro de estos procesos se encuentra la soldadura, la misma que se realiza en tres tipos de procesos, conocidos técnicamente como: SMAW, FCAW, y SAW; estos términos o nombres son explicados más adelante en la sección 2.2.2.



**Figura 1.** Esquema de Plantas de Producción

Fuente: La empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

<sup>8</sup> Los productos soldados son fabricados en la planta de la costa.

<sup>9</sup> Véase la Figura 4 para ilustrar el concepto de *ruta de fabricación*.

<sup>10</sup> Las flechas continuas en la Figura 1 representan el flujo de un producto (terminado o en proceso) cualquiera entre una planta y otra.

En materia de comercio exterior, la empresa comercializa principalmente commodities, tales como tubería y perfiles a algunos países de América. Respecto a productos soldados, no ha existido un volumen de ventas relevante; en todo caso, se puede indicar que en una ocasión se exportó vigas soldadas a Chile. Todo aquello gracias al apoyo del Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Pro Ecuador), y a las certificaciones internacionales que le han permitido incursionar en nuevos mercados.

La empresa cuenta con reconocidas certificaciones en el ámbito de la *calidad*, entre ellas, la reconocida certificación al Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) ISO 9001. Además, posee un *sistema de planificación de recursos empresariales* (ERP por sus siglas en inglés), y un canal de comunicación tipo sitio web, con los cuales gestiona sus departamentos.

En materia de capacitación, la empresa cumple anualmente con un plan de capacitación que incluye tanto personal operativo como administrativo (entre ellos, personal de supervisión: ingenieros, tecnólogos, y otros). Para el personal operativo, se incluyen temas tales como lectura de planos, metrología, procesos de soldadura puntuales (como por ejemplo FCAW), temas varios relacionados con seguridad industrial y salud ocupacional, entre otros. Entre los años 2013 y 2014 se incluyeron nuevos temas como discontinuidades y defectos en soldadura, y control de calidad en varios procesos.

El personal de soldadura también es calificado periódicamente por un profesional certificado para dicha actividad. Esto incluye la calificación de apuntaladores, operadores, y soldadores, en procesos y posiciones específicas según las necesidades puntuales. No obstante, a pesar de existir un plan de capacitación anual y mantener un personal de soldadura calificado, los reprocesos persisten. Al respecto, varios expertos consultados sostienen que en Ecuador los procesos de capacitación describen una estructura débil y de reducida consistencia como resultado de un diseño inadecuado.

**Extracto del *plan estratégico de la empresa de estudio*.** En este apartado se describe brevemente el plan estratégico de la empresa enfatizando lo referente a la calidad del producto; la empresa de estudio cuenta con un plan estratégico de producción. Para su elaboración, se consideró las entradas

- misión,
- visión,
- política de calidad, y
- objetivos de la empresa.

A partir de estas entradas y de un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), la estrategia se define a través de cuatro ejes fundamentales:

- financiero
- cliente
- procesos internos
- aprendizaje y crecimiento

Cada uno de estos ejes contiene objetivos e indicadores operativos que abarcan aspectos de gestión, tales como

- producción;
- calidad;
- seguridad y salud ocupacional; y
- medio ambiente.

Volviendo al análisis FODA, éste reconoce dentro de las debilidades de la empresa

- la baja calidad de la línea de negocio productos soldados, y
- la capacitación a personal obrero.

Por ello, en el eje *procesos internos* se plantea los objetivos

- implementar las 5S, e
- implementar un sistema de calidad SPC, entre otros.

En tanto que, en el eje *Aprendizaje y crecimiento* se plantea

- implementar un plan de capacitaciones enfocado en adiestrar al personal en el conocimiento del producto, proceso, y maquinaria; y
- implementar círculos de calidad, entre otros.

Además, el documento repasa las herramientas administrativas de la empresa, metodologías para análisis de causa raíz, y normas de referencia como soporte del plan.

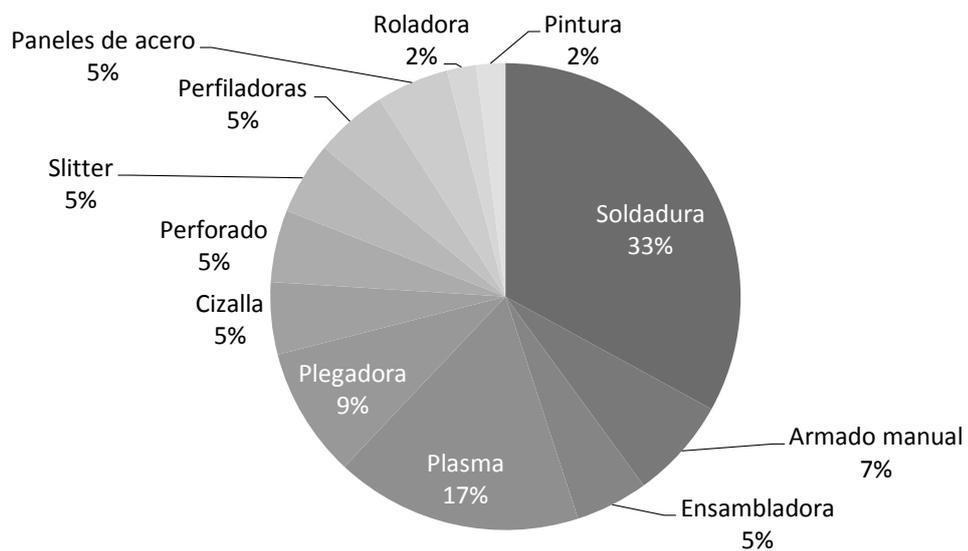
**Experiencia piloto en materia de capacitación del personal operativo.** Durante el periodo de marzo de 2012 a mayo de 2014 se implementó un proceso de capacitación paralelo al plan de capacitación general, como parte de la gestión del departamento de calidad (ver Anexo J). En este periodo

- se registraron las no conformidades referentes a la calidad del producto, recibidas principalmente vía correo electrónico;
- se clasificaron de acuerdo a la máquina (proceso de manufactura<sup>11</sup>) donde se generó y a la cual se atribuye la no conformidad; y
- se monitoreó mensualmente el comportamiento de los casos de no conformidad.

Como parte de los hallazgos se encontró que un tercio de las no conformidades se originaban en la línea de negocio *productos soldados*, como se muestra en la Figura 2. Además, se encontró que las no conformidades por mes para el periodo declarado arriba fueron 2.0, 2.6, y 1.3 respectivamente, lo que dejaría entrever cierta tendencia de mejora del plan de capacitación paralelo.

---

<sup>11</sup> Más adelante en la sección 2.2.1 se revisa brevemente algunos procesos de manufactura relacionados con la construcción metalmeccánica.



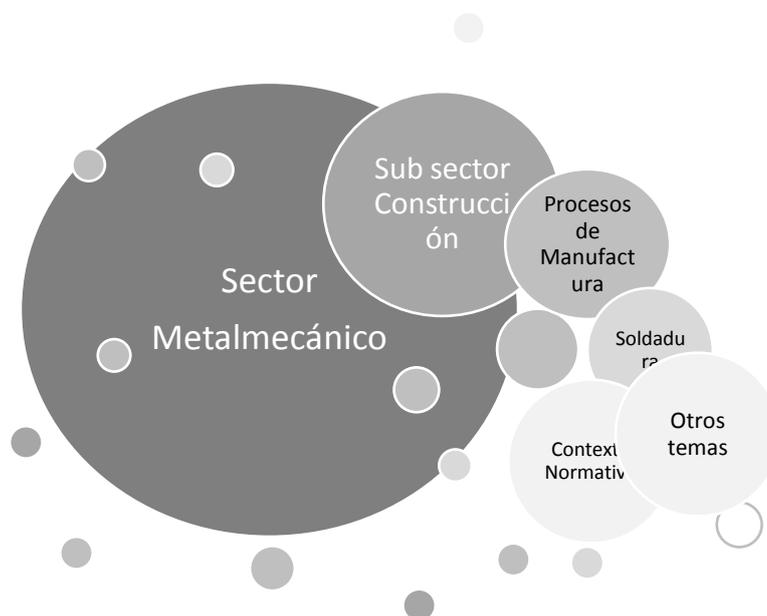
**Figura 2.** No conformidades Clasificadas por su Origen

Fuente: Empresa de estudio – planta costa.

Elaborado: El autor.

## 2. MARCO REFERENCIAL

Este capítulo describe fundamentos teóricos para introducir al contexto del tema central “*Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmeccánico del país*”. La Figura 3 trata de representar dicho contexto de una manera resumida.



**Figura 3.** Contexto Teórico Básico de la Problemática

Elaborado: El autor

### 2.1 Notas Breves del Sector Metalmeccánico

En términos generales el sector metalmeccánico podría definirse como aquel sector o actividad productiva que agrega valor a un metal o no metal mediante el uso de energía y otros recursos, principalmente a través de medios mecánicos (máquinas, equipos, herramientas, etc.). Además, para ilustrar el alcance de dicho sector se lo podría considerar dividido en sub sectores<sup>12</sup>, especialidades o industrias como se sugiere en la Tabla 1.

En Ecuador es común encontrar empresas que operen en más de un sub sector. Una de las razones que explicaría este comportamiento es la necesidad de aumentar su competitividad.

En los sub sectores referidos, la soldadura como proceso de fabricación, tiene mayor presencia en (a) construcción de estructuras, (b) fabricación de máquinas y equipos, y (c) montaje. Para estos y otros sub sectores la Sociedad Americana de Soldadura (AWS por sus siglas en inglés) ha publicado seis códigos que cubren los requerimientos de soldadura (ver Tabla 2).

<sup>12</sup> En el *Catálogo de normas técnicas ecuatorianas* (INEN, 2012) la metalmeccánica es clasificada en: materias primas, infraestructura y manufactura de metales, línea blanca, automotriz, entre otros.

**Tabla 1.** Sub Sectores de la Metalmecánica

No	Sub-sector	Alcance
1	Acerías	Fabricación de planchas, bobinas y perfiles <sup>a</sup> .
2	Procesamiento de acero	Servicios con mínima reducción volumétrica de acero <sup>b</sup> . Mecanizado (fabricación y reparación) de piezas y partes.
3	Construcción de estructuras	Construcción de elementos estructurales. Construcción naval. Construcción de tuberías y ductos <sup>c</sup> .
4	Construcción de máquinas y equipos	Construcción de máquinas Construcción de equipos de procesos <i>(Incluyendo calderas, recipientes a presión, tuberías de interconexión, etc. Aplicaciones: energía, minas, cemento, petróleo, alimentos, químicos, entre otros).</i> Construcción de carrocerías <i>(Livianas y pesadas, para el transporte de carga y personas).</i>
5	Arquitectura metálica	Carpintería metálica (puertas, cerramientos, perchas, etc.) Construcción de ductos de espesor delgado
6	Fabricación de elementos en serie	Fabricación y/o ensamble de piezas, partes, envases, carcasas, artefactos, etc.).
7	Recubrimientos y sistemas de protección superficial	Preparación superficial/sistemas de anclaje. Aplicación de sistemas de pinturas convencionales y especiales. Servicio de galvanizado.
8	Montaje	Montaje de estructuras. Montaje de máquinas y equipos. Instalación de paneles de cubierta y paredes.
9	Control de calidad	Inspección destructiva. Inspección no destructiva. Fiscalización.
10	Ingeniería	Diseño básico y detallado. Elaboración de planos de diseño estructural, de taller (construcción), de montaje, y As Built.

Nota. En cada uno de los sub sectores (numerales 1 al 8 en esta tabla) puede estar implícita la ingeniería, inspecciones no destructivas, inspecciones destructivas, entre otros.

<sup>a</sup> En la fabricación de planchas, bobinas y perfiles las industrias comúnmente son conocidas como acerías y/o molinos de fundición. En Ecuador no existe industria dedicada a la fabricación de planchas, bobinas y perfiles laminada en caliente debido a la ausencia de yacimientos importantes de hierro. No obstante, sí existen compañías dedicadas a la elaboración de perfiles y otros tipos de productos por fundición.

<sup>b</sup> Ver sección 2.2.1

<sup>c</sup> Una tubería es generalmente de forma redonda, de dimensiones estándares, y conduce fluidos a presiones altas. Un ducto puede ser de cualquier forma (por ejemplo, redondo, cuadrado, rectangular), de cualquier dimensión, y generalmente soporta presiones bajas.

Elaborado: El autor

**Tabla 2.** Áreas Cubiertas por los Códigos de Soldadura de la AWS

<b>Código</b>	<b>Nombre original</b>	<b>Alcance/Traducción al español</b>
AWS D1.1	Structural Welding code - Steel	Soldadura estructural de aceros
AWS D1.2	Structural Welding Code - Aluminum	Soldadura estructural de aluminio
AWS D1.3	Structural Welding code - Sheet steel	Soldadura estructural de lámina de acero
AWS D1.4	Structural Welding Code - Reinforcing Steel	Soldadura estructural de refuerzo de acero
AWS D1.5	Bridge Welding Code	Soldadura de puentes
AWS D1.6	Structural Welding Code - Stainless Steel	Soldadura estructural de acero inoxidable

Fuente: [www.aws.org](http://www.aws.org)

Elaborado: El autor

## 2.2 Procesos de Manufactura Relacionados con el Sector de la Construcción

En este documento se usa de manera extendida el término *proceso*, por lo cual es preciso establecer una definición apropiada.

**Proceso.** De acuerdo con la norma ISO 9001 (2008)

Es una actividad o conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. (...) Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. (p. 9)

### 2.2.1 Procesos de transformación del acero

En el contexto de estudio, *transformación* hace referencia a cambios físicos de la materia prima (acero). Dicho cambio podría o no implicar una variación volumétrica. Básicamente se considera dos tipos: (a) procesos donde el volumen de la materia prima de entrada es prácticamente igual al volumen del producto final, o con una mínima variación<sup>13</sup>; y (b) procesos con una reducción considerable del volumen de la materia prima. A continuación se revisa el primer tipo de procesos de transformación.

**Procesos con una mínima o ninguna variación volumétrica en la materia prima.** Cualquier producto soldado antes de la ejecución de la soldadura como tal requerirá de algunos procesos, tales como:

- alisado,
- corte (en frío o en caliente),
- plegado o doblado,
- rolado o curvado,
- armado o ensamblado, y/o
- perforado, entre otros.

<sup>13</sup> La variación del volumen de la materia prima puede ser tanto positiva (como en el caso de la soldadura, proceso en el cual se agrega metal), como negativa (como en el caso del perforado). En el segundo caso, la disminución corresponde razonablemente hasta un 5%.

Aunque no fue anotada arriba, la soldadura también pertenece a dicho grupo de procesos de manufactura, no obstante, es tratada brevemente y por separado en la sección 2.2.2. En la Figura 4 se trata de representar la interacción típica de los procesos enlistados.

Los procesos anotados se conocen como *procesos de transformación del acero*. Los sitios o empresas dedicados a estos procesos se conocen de manera genérica como *centro de servicios (de procesamiento de acero)*.

Cada uno de estos procesos tiene sus propias especificaciones de control de calidad. Frecuentemente, los defectos inducidos en uno o más de los procesos señalados podrían afectar la ejecución de soldadura, con la posibilidad de generar *discontinuidades* y/o *defectos de soldadura*, y en consecuencia provocar la necesidad de un reproceso que los corrija. A continuación se ofrece una breve descripción de dichos procesos.

**Alisado.** Consiste en deformar el acero (que inicialmente viene en presentación de *rollos* o *bobinas*) mediante mecanismos de rodillos, hasta conseguir que la superficie del acero sea relativamente plana. Posteriormente, el acero puede ser cortado a longitudes específicas según se requiera.

**Corte.** Consiste en segmentar una plancha de acero en partes de menor tamaño y geometría. De acuerdo al espesor de la plancha se puede aplicar dos tipos de corte: (a) *corte en frío*, y (b) *corte en caliente*. Otros tipos de corte para metales, localmente no muy comunes son: (a) corte por láser, y (b) corte por chorro de agua a presión.

El corte en frío de planchas (*acero plano*<sup>14</sup>) puede ser realizado mediante (a) una cuchilla, (b) una sierra, o (c) un punzón. El corte de bobinas de acero se realiza mediante cuchillas circulares.

El corte en caliente (generalmente de acero plano) requiere el uso de una llama de alta temperatura. Existen varios tipos de corte en caliente entre los que se puede mencionar: (a) corte por plasma, y (b) corte por oxiacetileno.

**Rolado o curvado.** Consiste en deformar una plancha de acero mediante rodillos hasta imprimir una curvatura predefinida. Podría entenderse como lo contrario al proceso de alisado. Aplicaciones comunes se encuentran en la fabricación de ductos, transiciones, y conos, entre otros elementos con superficies curvas.

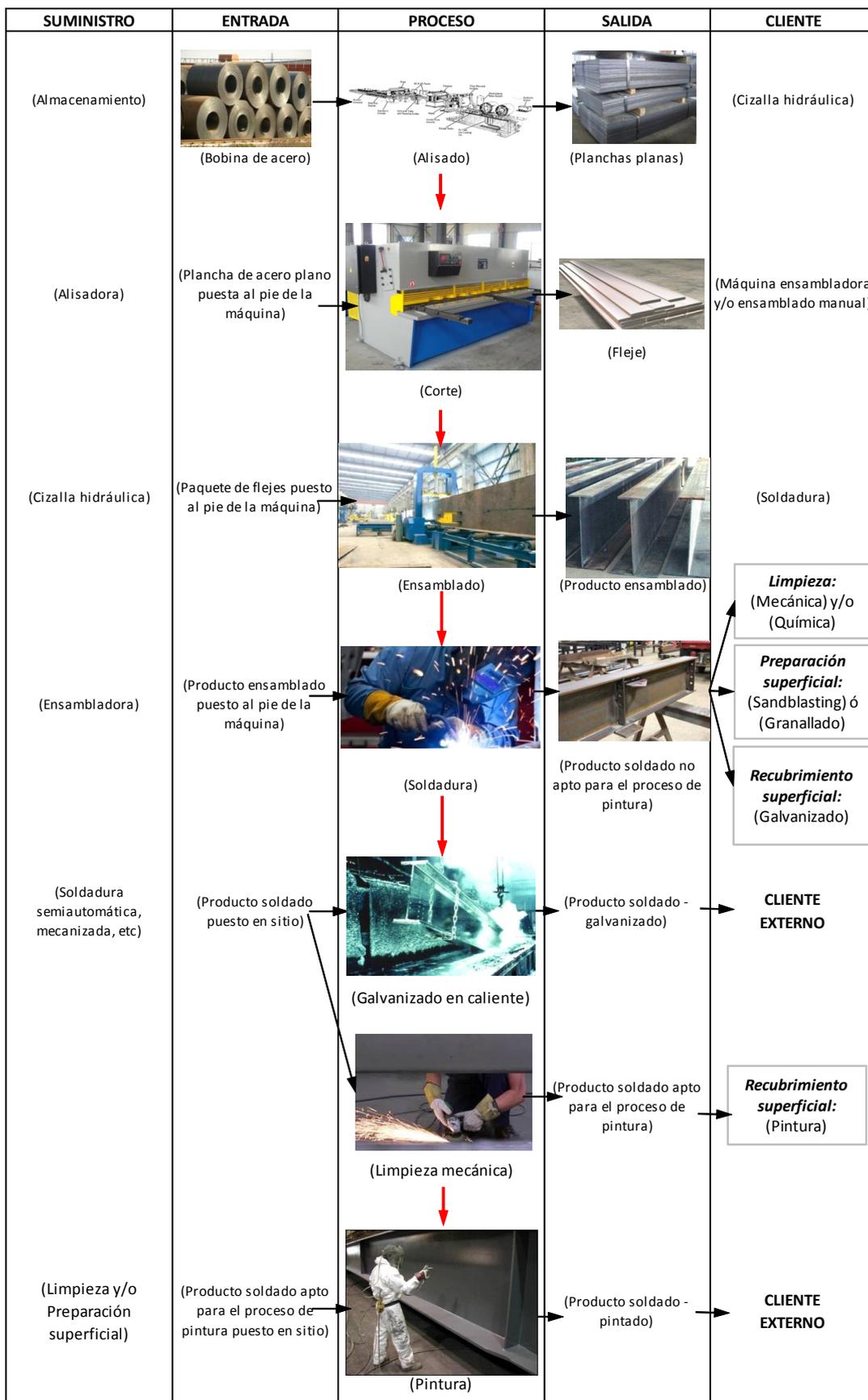
**Armado o ensamblado.** Consiste en unir partes o piezas de acero mediante puntos de soldadura de acuerdo a un diseño predefinido.

**Perforado.** Consiste en remover acero mediante una herramienta (taladro) que trasmite un movimiento giratorio y de avance a una herramienta de corte (broca), produciendo la remoción de material con una forma circular de dimensión predefinida.

**Plegado o doblado.** Consiste en deformar una placa de acero plano, aplicando una fuerza mediante un punzón (*punch*) contra una matriz (*die*), imprimiendo un ángulo de dobles predefinido.

---

<sup>14</sup> En el ámbito siderúrgico suele usarse dos denominaciones para referirse a las formas en los que se comercializa el acero, estos son: aceros/productos planos, y largos.



**Figura 4.** Ruta de Fabricación Típica de un Producto Soldado

Elaborado: El autor

### 2.2.2 Tipos de procesos de soldadura

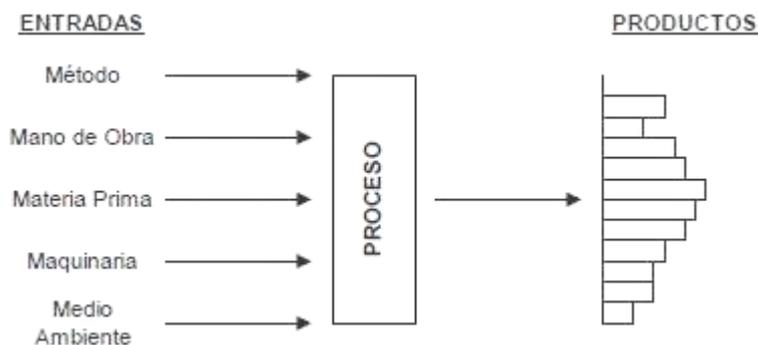
En la actualidad existe una amplia variedad de procesos de soldadura. No obstante, en la construcción de estructuras de acero que se realiza localmente, los procesos de mayor aplicación son:

- SMAW (Shielded Metal Arc Welding) o soldadura por arco con electrodo metálico revestido.
- GMAW (Gas Metal Arc Welding) o soldadura por arco protegido con gas.
- FCAW (Flux Core Arc Welding) o soldadura por arco con alambre tubular.
- SAW (Submerged Arc Welding) o soldadura por arco sumergido.

Un producto soldado puede ser fabricado (y es lo más común) con uno o más de los procesos descritos. Cada proceso de soldadura tiene sus propias características. En la práctica, esto se traduce en ventajas o limitaciones al momento de seleccionar un proceso en particular. Algunas de estas características son:

- velocidad de ejecución,
- tipo y costo de equipo,
- tipo y costo de accesorios y repuestos,
- tipo y costo de insumos,
- apariencia (estética) de la soldadura depositada,
- tipo de discontinuidades y defectos asociados,
- tasa de metal depositado,
- productividad,
- facilidad ó “complejidad” en la ejecución, y
- temperatura generada, entre otros.

La soldadura, como cualquier otro proceso puede ser representado mediante la interacción de cinco factores básicos: (a) los materiales, (b) la maquinaria o equipamiento, (c) la mano de obra, (d) el método o procedimiento, y (e) el medio ambiente o ambiente de trabajo, como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** Factores del Proceso de Soldadura

Fuente: <http://gestiondecadidadbol.blogspot.com>

## 2.3 Contexto Normativo en el Ámbito de la Soldadura

### 2.3.1 Tipos de documentos

Alrededor del mundo existen organizaciones de toda índole que a través de los años han desarrollado documentos de referencia aplicables a distintas áreas de interés. En el caso del ámbito metalmecánico, se distinguen principalmente los documentos: (a) código, (b) norma (estándar), y (c) especificación. La Tabla 3 resume estos y otros documentos junto a su contenido y aplicación. Sus definiciones se describen a continuación.

**Código.** Es “un cuerpo de leyes aplicable a una jurisdicción específica como por ejemplo, un país, una ciudad, etc., dispuesto en forma sistemática para una referencia fácil. Debido a su carácter legal siempre será considerado mandatorio” (AWS, 2000).

**Norma (Estándar).** Es “algo establecido para el uso como regla o base de comparación para medir o juzgar capacidad, cantidad, contenido, alcance, valor, calidad, etc.”. Una norma puede ser o no considerado mandatorio<sup>15</sup> (AWS, 2000).

Alternamente, la norma ISO 9001 (AENOR, 2008) define al estándar como "acuerdo documentado que contiene especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito".

En ocasiones el término norma es usado indistintamente para referirse a un código o una especificación. Otros documentos considerados como una norma pueden ser: procedimientos, prácticas recomendadas, guías, grupos de símbolos gráficos, clasificaciones, definiciones de términos, entre otros (AWS, 2000).

**Especificación.** De acuerdo con AWS (2000)

Es una descripción detallada de las partes de un todo, presentación y numeración de particularidades, características, propiedades, tales como el tamaño real o requerido, calidad, performance, términos, composición química, propiedades mecánicas, etc. (...) Las compañías frecuentemente desarrollan *especificaciones internas* describiendo los parámetros (variables y/o atributos) necesarios de un material o un proceso usado en su operación de fabricación. (p. 5.8)

**Tabla 3.** “Resumen de Tipos de Estándares y sus Aplicaciones”

Tipo de Estándar	Proporciona	Uso
Código	Requerimientos	Alcance del trabajo
Especificación	Detalles técnicos	Producto o servicio
Método	Procedimiento detallado	Medición, evaluación o análisis
Guía	Guía instructiva	Alcance del trabajo
Práctica recomendada	Práctica actual de preferencia	Alcance del trabajo

Fuente: Davis (2013). Publicado en AWS Welding Journal en español.

<sup>15</sup> Localmente, un ejemplo de norma de carácter mandatorio lo constituyen los 10 capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Esta resolución fue dispuesta por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) a inicios de 2015, y elaborados mediante el Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito en el 2008 entre el MIDUVI y la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON). Fuente: [www.normaconstruccion.ec](http://www.normaconstruccion.ec)

Además de los documentos descritos arriba existen otros de particular importancia tales como

- el contrato (las especificaciones del contrato),
- procedimiento de soldadura (WPS),
- calificación de desempeño (WPQ),
- plan de inspección y pruebas / plan de calidad,
- pliego de especificaciones técnicas,
- planos estructurales,
- planos de taller (también llamados planos de fabricación o construcción),
- planos de montaje, y
- planos *As Built*, entre otros.

Los planos enlistados suelen contener notas o especificaciones técnicas extraídas de códigos, normas y/o especificaciones locales y/o internacionales; en materia de comercio internacional, es común establecer la aplicación de documentos que permitan la evaluación de conformidad de los bienes comercializados entre una nación y otra<sup>16</sup>. Locamente, un ejemplo de este tipo de documentos es conocido con el nombre de Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE). El ente responsable (además de otras funciones) de gestionar su elaboración y aplicación es el Servicio Ecuatoriano de Normalización-INEN, el mismo que lo define como sigue.

**Reglamento técnico.** Según consta en el documento *Decisión 562* resuelto por la comisión de la comunidad andina, este se define como

Documento en el que se establecen las características de un producto o los procesos y métodos de producción con ellas relacionados, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables, y cuya observancia es obligatoria. También puede incluir prescripciones en materia de terminología, símbolos, embalaje, marcado o etiquetado aplicables a un producto, proceso o método de producción, o tratar exclusivamente de ellas. (p. 7)

### 2.3.2 Carácter de aplicación

Dependiendo del tipo de documento su carácter de aplicación puede ser mandatorio o no mandatorio como se muestra a continuación.

**Tabla 4.** Carácter de Aplicación Normativa

Tipo de documento	Mandatorio/Obligatorio	No mandatorio/Voluntaria
Código	X	
Norma/Estándar	X	X
Especificación	X	X
Reglamento Técnico Ecuatoriano	X	

Fuente: AWS (2000)  
Elaborado: El autor

<sup>16</sup>Para ampliar el tema se recomienda el sitio web <http://www.comunidadandina.org>

### 2.3.3 Términos clave

Los documentos indicados en la Tabla 4 utilizan de manera extendida en su redacción, términos tales como (a) debe o deberá, (b) debería, y (c) puede. En el código de soldadura AWS D1.1 (2010) se ofrecen las siguientes definiciones:

**Debe (deberá).** “Indica que la cláusula en cuestión es de aplicación obligatoria a menos que sea específicamente modificada en el contrato”.

**Debería.** “Se utiliza para recomendar prácticas que son consideradas beneficiosas, pero no son requerimientos”.

**Puede.** “Permite el uso de procedimientos opciones o prácticas que pueden utilizarse como una alternativa o complemento de los requerimientos del documento en mención”.

### 2.3.4 Documentos aplicables

Para la fabricación de productos soldados en el sub sector de la construcción metalmeccánica los principales documentos aplicables son:

- Normativa internacional:
 

AWS D1.1	Código de soldadura estructural-Acero
AWS D1.3	Soldadura estructural de lámina de acero
AWS D1.4	Soldadura estructural de refuerzo de acero
AWS D1.5	Código de soldadura de puentes
AWS D1.6	Soldadura estructural de acero inoxidable
AWS D1.8	Código de soldadura estructural-Suplemento sísmico
- Normativa ecuatoriana:
 

NEC-SE-AC	Norma Ecuatoriana de la Construcción-Estructuras de acero
RTE INEN 037	Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero
RTE INEN 040	Soldadura de estructuras de acero

## 2.4 Requerimientos Técnico-Operativos en Soldadura

### 2.4.1 Definiciones

En este documento se usa de manera extendida los términos *capacitación*, *entrenamiento*, *educación*, y *certificación*, por lo cual es preciso establecer sus definiciones.

**Capacitación.** De acuerdo con Psicología y Empresa (2011)

Es un conjunto de acciones dirigidas a preparar a una persona para ejecutar y desarrollar satisfactoriamente una tarea específica, dentro de la organización. El propósito de la capacitación es mejorar el rendimiento presente o futuro de un trabajador, dotándoles de mayores conocimientos para que pueda desarrollar o adquirir mejores destrezas o habilidades para desempeñar un cargo en la organización.

**Entrenamiento.** “Es un proceso educativo de corto plazo, orientado a las personas que laboran en un puesto para que desarrollen destrezas y habilidades, asimismo adquieren aptitudes y actitudes adecuadas para el cargo de la organización” (Psicología y Empresa, 2011).

**Educación.** “Es un proceso más formal, de larga duración y tiene diferentes niveles, por tanto, es una transmisión de conocimientos que prepara para facilitar nuevos aprendizajes. (...) La educación es más amplia y contiene a la capacitación y al entrenamiento” (Psicología y Empresa, 2011).

**Certificación.** Según Wiswesser *et al.* (2008)

Es evidencia documentada, a través de un certificado u otra credencial, que hace constar que la capacitación adecuada, experiencia, conocimientos, y/o competencia para realizar un oficio o profesión en particular han sido demostradas. La certificación se logra al cumplir con una combinación de cierta educación formativa, experiencia, y/o requisitos para exámenes. La certificación, sin embargo, no es garantía de la habilidad o competencia futuras. (p. 33)

#### 2.4.2 Personal de soldadura

De acuerdo con la AWS se consideran tres categorías de personal de soldadura: (a) apuntalador<sup>17</sup> (*tack welder*), (b) operador de soldadura (*welding operator*), y (c) soldador (*welder*). Estas categorías se definen como sigue:

**Apuntalador.** Aquel personal que ejecuta soldadura manual o semiautomática para producir apuntalados (puntos de soldadura), como parte de las labores de ensamblaje.

**Operador de soldadura.** Aquel personal que opera un equipo de soldadura de tipo: control adaptable, automático, mecanizado o robótico.

**Soldador.** Aquel personal que ejecuta soldadura manual o semiautomática.

#### 2.4.3 Requerimientos técnicos del personal de soldadura

Se refiere a conocimientos teóricos de temas tales como

- proceso de soldadura,
- seguridad industrial,
- manejo de insumos,
- lectura de planos,
- control de calidad (uso de instrumentos, y procedimientos para el control de calidad),
- procedimientos de reparación, y
- lectura de WPS<sup>18</sup> (*Welding Procedure Specification* o Especificación de procedimiento de soldadura), entre otros.

<sup>17</sup> La categoría *apuntalador* es considerada la más básica.

<sup>18</sup> Un WPS es un documento técnico reconocido por la AWS en cual se detallan todos los parámetros necesarios para producir una soldadura integra.

Los temas indicados son considerados básicos debido a que forman parte del día a día de una compañía que trabaja con soldadura. El autor considera además que la lectura de WPS es una de las habilidades técnicas que todo soldador debe poseer.

#### 2.4.4 Calificación del personal de soldadura

Los requerimientos operativos del personal de soldadura hacen referencia tanto al conocimiento del equipo de soldadura (funcionamiento, calibración, y detección de averías, entre otros), como a la habilidad para producir soldaduras integra con mínima intervención de reprocesos. Una manera de evidenciar lo anterior es por medio de una *calificación*.

De acuerdo con la AWS, el documento en el cual consta la calificación del personal de soldadura es conocido como *Welder Performance Qualification (WPQ)*, que puede traducirse como Calificación de desempeño del soldador. En este documento se detallan varios parámetros, entre ellos, los datos de la probeta y parámetros de soldadura utilizados. Una forma sencilla de especificar la calificación obtenida, está dada por las siguientes variables:

1. Proceso de soldadura (por ejemplo: SMAW, GMAW, FCAW, SAW).
2. Posición en la que el soldador estaría habilitado para soldar satisfactoriamente
  - plana = 1,
  - horizontal = 2,
  - vertical = 3, y
  - sobre cabeza = 4.
3. Tipo de soldadura
  - de canal = G, y
  - de filete = F.

La nomenclatura descrita contiene otras interpretaciones adicionales cuya explicación está fuera del alcance de este trabajo. Además, existen otros tipos de nomenclaturas más elaboradas que las indicadas. En el Capítulo 4, secciones 4.1 y 4.2.2 se aplicará la información precedente.

Para aplicar a una calificación el aspirante deberá soldar una probeta de dimensiones estandarizadas bajo un código en particular según el campo en el que se desenvuelva el soldador (entre los más comunes: AWS, API, ASME). Esta probeta será sometida más adelante a diferentes tipos de ensayos (destructivos y no destructivos) para verificar la sanidad de la soldadura. Una vez que se ha comprobado que, tanto la soldadura como los ensayos pertinentes cumplieron con los criterios de inspección se procede a extender un documento escrito, firmado, y sellado, donde se declara que el soldador se encuentra calificado. Todo este proceso es conducido por un profesional certificado para tal responsabilidad.

### 2.4.5 Certificaciones profesionales a nivel de soldadura

Para muchos países en el mundo incluido Ecuador, la AWS es hasta la actualidad el mayor referente en materia de soldadura. De acuerdo con su sitio web, actualmente la AWS ofrece nueve tipos de certificaciones<sup>19</sup> profesionales como lo recoge la Tabla 5.

**Tabla 5.** Certificaciones Profesionales ofrecidas por la AWS

No	Abreviatura	Descripción original	Descripción en español
1	<b>CWI</b>	Certified Welding Inspector	Inspector de Soldadura Certificado
2	<b>SCWI<sup>a</sup></b>	Senior Certified Welding Inspector	Inspector Señor de Soldadura Certificado
3	<b>CWE</b>	Certified Welding Educator	Instructor (Educador) de Soldadura Certificado
4	<b>CRI</b>	Certified Radiographic Interpreter	Intérprete Radiográfico Certificado
5	<b>CWS</b>	Certified Welding Supervisor	Supervisor de Soldadura Certificado
6	<b>CWSR</b>	Certified Welding Sales Representative	Representante de Ventas de Soldadura Certificado
7	<b>CWEng</b>	Certified Welding Engineer	Ingeniero en Soldadura Certificado
8	<b>CW</b>	Certified Welder	Soldador Certificado
9	<b>CRAW</b>	Certified Robotic Arc Welding	Operador/Técnico de Soldadura Robótica por Arco Certificado

<sup>a</sup> Para alcanzar la certificación SCWI se debe obtener previamente la certificación CWI y otros requisitos detallados en el estándar AWS B5.1, *Especificación para la calificación de inspectores de soldadura*.

Fuente: [www.aws.org](http://www.aws.org)

Elaborado: El autor

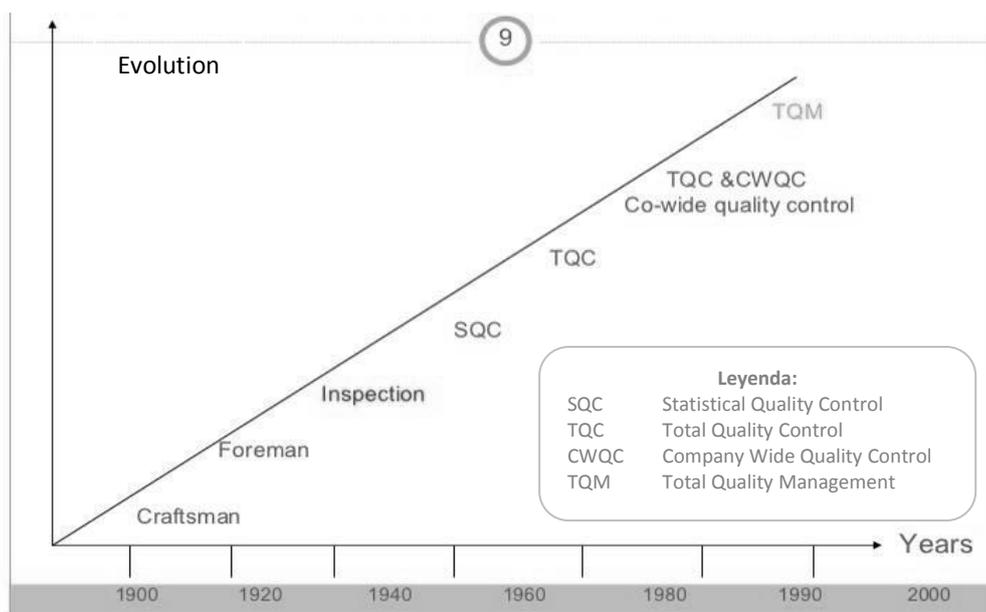
Para fines de inspección y/o supervisión de soldadura, las certificaciones aplicables son básicamente tres<sup>20</sup>: (a) CWI, (b) SCWI, y (c) CWS. No obstante, el código de soldadura AWS D1.1 (2010) señala como última opción para poder aceptar o rechazar material y mano de obra, ser competente por medio de entrenamiento o experiencia, o ambos; en el Anexo A se puede consultar en detalle las funciones y/o alcance de las responsabilidades del (a) inspector, (b) inspector *Senior*, y (c) inspector asociado, certificados. En el Anexo B se puede consultar lo propio para el supervisor de soldadura certificado.

### 2.5 Algunos Tópicos sobre Implementación y Mejoramiento de la Calidad

La *calidad* ha evolucionado desde una simple inspección a una estrategia competitiva. La Figura 6 deja en evidencia en qué etapa de esta evolución nos encontramos como país. Sullivan (1986) en su obra “The Seven Stages in Company-Wide Quality Control”, citado por De Moura, define siete etapas o enfoques en la evolución de la calidad como sigue:

<sup>19</sup> La AWS otorga además certificaciones dirigidas a fábricas. Estas son: ATF, Accredited Test Facilities; CWF, Certified Welding Fabricator; y CATC, CRAW Approved Testing Centers.

<sup>20</sup> La AWS reconoce al CAWI como un nivel de certificación, sin embargo no se considera una certificación oficial debido a que es un nivel inferior obtenido cuando el puntaje está por debajo del mínimo para aplicar a un CWI, más otros requisitos indicados en el estándar AWS QC-1, *Standard for AWS Certification of Welding Inspectors*.



**Figura 6.** "Evolución de la Era de la Calidad"

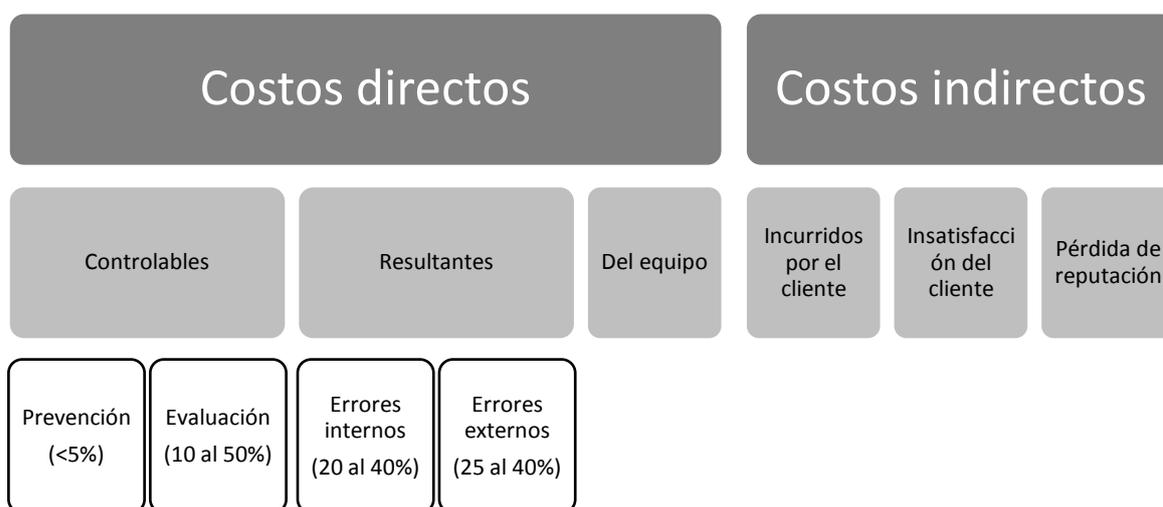
Fuente: Walia, Anubha. Recuperado de [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com) y adaptado por el autor.

1. En el producto: inspección después de producción, solución de problemas.
2. En el proceso: garantía de la calidad en producción.
3. En el sistema: garantía de la calidad en todos los departamentos.
4. Humanista: educación, entrenamiento para todos, cambio comportamiento.
5. En la sociedad: alta calidad, bajo costo, menor plazo.
6. En el cliente: sintonía continua con el cliente.
7. Estratégico: sintonía continua con el ambiente externo/interno.

En el proceso de implementar *calidad* (o más precisamente, un *Sistema de Gestión de Calidad*) existen flujos monetarios y económicos implícitos. Harrington (1990) ha clasificado dichos flujos en dos tipos: (a) directos, y (b) indirectos. A partir de esta clasificación se desprenden otros costos asociados como se muestra en la Figura 7. De su parte, el autor prefiere usar la palabra *inversión* en vez de *costos* para referirse a los rubros de prevención y evaluación. Lo anterior debido a que destinar un presupuesto apropiado para fines de evaluación y sobre todo prevención, ha demostrado múltiples beneficios desde hace decenas de años en empresas de toda índole de acuerdo con la literatura consultada.

Los beneficios de invertir, tanto en implementación como mejoramiento de la calidad han sido ampliamente investigados y demostrados por autores tales como Harrington (1990), Cuatrecasas (2010), Thomasson y Wallin (2013), entre otros<sup>21</sup>, enfocados en lo que se ha denominado *Cost of Poor Quality* (CoPQ), término utilizado para referirse a las pérdidas totales causadas por un producto o proceso cuando no es conforme. De hecho, Harrington (1990) en su obra incluye una gran cantidad de citas de empresarios que confirman las bondades de invertir en calidad preventiva.

<sup>21</sup> Para conocer sobre otros autores se puede consultar la publicación de Schiffauerova y Thomson (2006), en la cual han compilado el trabajo de varios autores en materia de *Cost of Quality* (CoQ).



**Figura 7.** Costos Asociados a una Implementación de Calidad

Fuente: Información extraída de Harrington (1990)

Elaborado: El autor.

### 2.5.1 Inversión en calidad

De acuerdo con Harrington (1990) la inversión (costos controlables) en calidad tiene dos componentes: (a) prevención, y (b) evaluación. Sus diferencias radican en que

- la *inversión en prevención* tiene por objetivo “evitar que se cometan errores por parte de todos los departamentos de la empresa, incluyendo la ingeniería de desarrollo, ventas, ingeniería de producto, fabricación, garantía de calidad, programación, personal, etc.”; mientras que
- la *inversión en evaluación* está relacionada con la “verificación de la producción una vez que ha sido culminada, para medir la conformidad de todas las funciones de acuerdo con criterios y procedimientos establecidos. Son todos los costos incurridos para determinar si una actividad se hizo bien todas las veces”.

En el Anexo C se ofrece un amplio listado de rubros típicos en materia de prevención y evaluación enfocado a la calidad.

### 2.5.2 Costos resultantes de una calidad deficiente

De igual manera, los costos resultantes de una calidad deficiente tienen dos componentes: (a) errores internos, y (b) errores externos. De acuerdo con Harrington (1990) sus diferencias radican en que

- los *costos de los errores internos* “son todos los que tiene la empresa relacionados con los errores detectados antes de que la producción sea aceptada por el cliente, o los costos antes de que el producto o servicio sea aceptado por un cliente porque todas las actividades no se hicieron bien todas las veces”; mientras que
- los *costos de los errores externos* “son todos aquellos en que incurre el productor porque al cliente externo se le suministran productos o servicios inaceptables”.

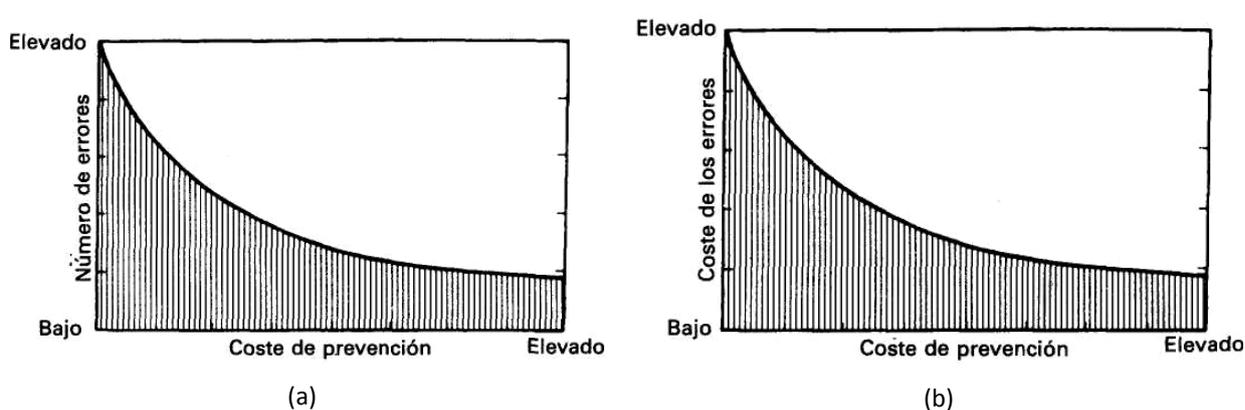
En el Anexo D se ofrece un amplio listado de rubros típicos referentes a costos de errores internos y externos.

### 2.5.3 Inversión en calidad versus costos resultantes

Harrington (1990) muestra cómo se relacionan los costos controlables y los costos resultantes concluyendo<sup>22</sup> (bajo ciertas asunciones) que:

- Conforme se invierte en las actividades preventivas, se reduce el costo de los errores totales debido a que se reduce el número total de errores (ver Figura 7).
- Aunque se invierta mucho más dinero en incrementar la evaluación, los costos totales de los errores y el número total de errores permanecen constantes.

Una observación importante respecto a la primera conclusión es que no solo debería bastar con reducir el número total de errores o no conformidades, sino también se debería lograr reducir el impacto monetario global debidos a estos errores. Adicionalmente, a partir de la Figura 7 se puede ver que:



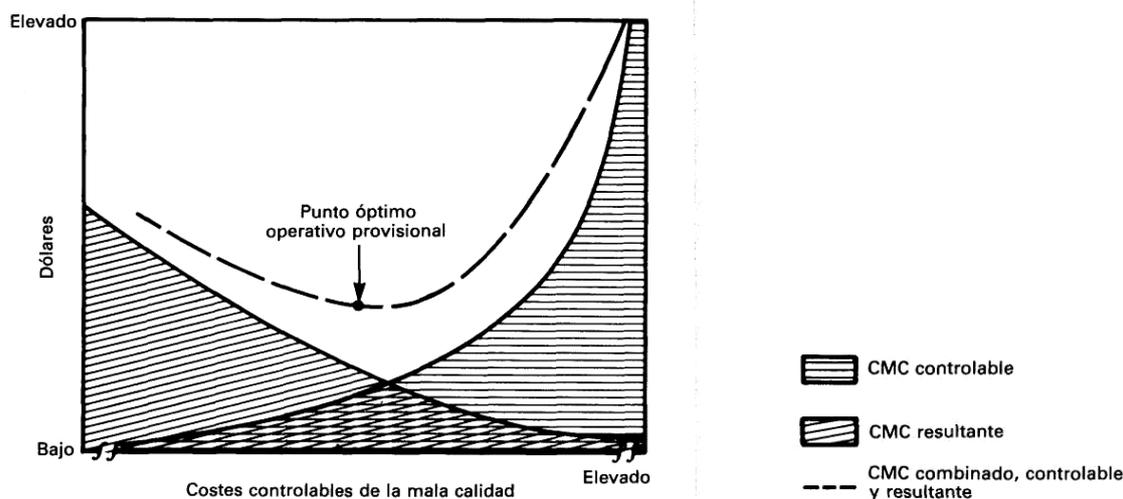
**Figura 8.** Comportamiento del Costo de Prevención

Fuente: Harrington (1990)

- Tanto el número como el costo total de los errores nunca llegarán a ser cero en la vida real.
- A partir de cierto valor de inversión no existirá una disminución relevante, tanto del número como del costo total de los errores, por lo cual se deberá monitorear y optimizar.

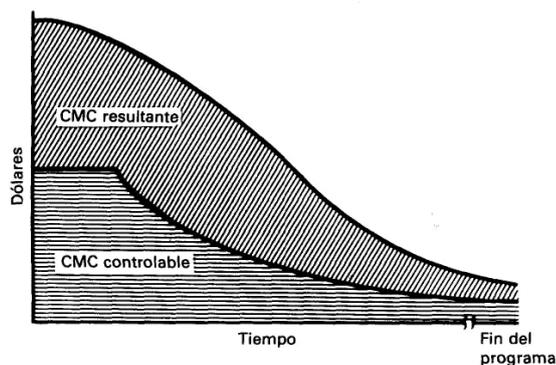
Por otro lado, al combinar las curvas de los costos controlables y resultantes (ver Figura 8) se encuentra que existe un punto donde “el costo total (controlable más resultante) es mínimo, y el rendimiento de la inversión es máximo (...) para un conjunto de condiciones temporales, y debería cambiar conforme el proceso de mejora rebaja el nivel de errores” (Harrington, 1990). En la Figura 9 se representa cómo evolucionan los costos controlables y resultantes cuando se implementa algún tipo de proyecto para el mejoramiento de la calidad.

<sup>22</sup> Un análisis exhaustivo de los costos indicados está fuera del alcance de este trabajo. Para ello, se recomienda revisar la obra de Harrington (1990).



**Figura 9.** Combinación de Costos Controlables y Resultantes

Fuente: Harrington (1990)



**Figura 10.** Evolución en el Tiempo de los Costos Controlables y Resultantes

Nota. Aplicable mediante un proyecto de mejoramiento de la calidad.

Fuente: Harrington (1990)

Para efectos prácticos, el costo total de implementar calidad está compuesto básicamente por cuatro rubros: (a) prevención, (b) evaluación, (c) errores internos, y (d) errores externos; una vez que se ha completado en gran parte o culminado un proyecto para el mejoramiento de la calidad, los porcentajes de estos rubros respecto del costo total son los que se muestran en la Figura 7. Bajo las mismas consideraciones, en la Tabla 6 se muestra como referencia porcentajes típicos del costo total y sus componentes respecto del monto total de ventas anuales para diferentes tipos de industrias. De acuerdo con Harrington (1990), “varios estudios han determinado que los costos de la calidad representan entre el 5 al 25% de las ventas anuales”, mientras que Thomasson y Wallin, (2013) señalan un rango más amplio que va del 10 al 40%.

**Tabla 6.** Desglose de Costos como Porcentaje de las Ventas.

Industria	Total	Prevención	Evaluación	Errores internos	Errores externos
Accesorios	6,34	0,63	3,43	2,04	0,24
Estructura de aviones	4,54	0,62	2,48	1,30	0,14
Productos químicos y aplicados	4,82	0,68	1,11	2,03	1,00
Electrónica	10,38	2,20	4,63	2,77	0,78
Construcción	4,85	0,51	1,67	1,90	0,77
Muebles	2,74	0,36	0,97	0,86	0,55
Instrumentos	7,25	1,20	2,12	1,78	2,15
Maquinaria	4,44	0,49	1,05	1,76	1,14
Misiles y espacial	7,65	1,72	4,37	1,22	0,34
Metales primarios	6,13	0,40	1,47	2,98	1,28
Caucho y plásticos	14,70	0,40	2,30	9,50	2,50
Equipos de transporte	3,89	0,34	1,76	1,29	0,50
<b>Promedio</b>	<b>6,48</b>	<b>0,80</b>	<b>2,28</b>	<b>2,45</b>	<b>0,95</b>

Nota. Los datos ofrecidos en esta tabla son válidos para empresas que han utilizado sistemas de informes sobre los costos de calidad durante un cierto número de años, y ya han implementado parte o todo el proceso de mejora de la calidad.

Fuente: Harrington (1990).

#### 2.5.4 Avances en Ecuador en materia de comercio, capacitación, y normativa

Actualmente, el sector de la metalmecánica en Ecuador tiene presencia en países como Perú, Colombia, Chile y Venezuela. De acuerdo a cifras de Pro Ecuador, las principales exportaciones en 2014 correspondieron a maquinaria y equipos (35,92%), materiales y acabados de construcción (29,53%), línea blanca y uso doméstico (21,39), y chatarra y desechos (13,16%). Además se indicó que el objetivo del país es llegar a mercados del norte de Brasil, y el Medio Oriente, básicamente con productos de línea blanca, y materiales para la construcción; enfatizando en la exigencia que tienen los países árabes respecto a la calidad, debido a que ellos no ven con buenos ojos los productos de baja calidad aunque sean baratos (El Comercio, 2015).

Por otro lado, también se han dado hechos destacados que conducen a un claro mejoramiento de la calidad. Por un lado, la Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional<sup>23</sup> (SETEC), de acuerdo a sus objetivos estratégicos<sup>24</sup> ha desarrollado algunos documentos que buscan estandarizar requisitos en materia de competencias laborales; básicamente (a) perfiles profesionales, (b) diseños curriculares, y (c) estándares de competencia laboral (disponibles en el sitio web de la SETEC). Los documentos señalados atienden a varios sectores productivos priorizados por el Gobierno, entre ellos el sector de la metalmecánica, y particularmente dentro de este sector la actividad de la soldadura. En el Anexo E se ofrece un resumen de los títulos de los documentos desarrollados por la SETEC pertinentes a la soldadura.

<sup>23</sup> La Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional se crea como entidad adscrita al Ministerio de Industrias y Productividad, con autonomía administrativa y financiera.

<sup>24</sup> Entre los cuales se puede mencionar: “Reducir la brecha de acceso a capacitación y formación profesional, Incrementar la calidad y pertinencia de los procesos de formación, e Incrementar el desarrollo del talento humano”. Fuente: [www.secretariacapacitacion.gob.ec](http://www.secretariacapacitacion.gob.ec)

Un trabajo también importante lo constituye el *levantamiento nacional de necesidades de capacitación y formación profesional* (SETEC, 2013). Algunas conclusiones interesantes respecto a capacitación en empresas<sup>25</sup> son:

- En las empresas de comercialización y en las de producción se evidencia la no existencia formal de planes de capacitación.
- Las empresas de producción son las que menos invierten en la capacitación de su personal; las que sí capacitan, buscan que la misma sea dentro de la propia empresa.
- El 26,5% de las empresas prefieren que la capacitación sea dentro de la empresa (*in house*).
- Las empresas consideran que la duración de la capacitación debe ser corta, lo cual sugeriría que esta tendría un enfoque de actualización de conocimientos, mas no de desarrollo de competencias laborales.
- Y por último, las empresas consideran que los mandos operativos y los mandos medios son los que más requieren de capacitación.

Con base en los documentos arriba citados, las instituciones Corporación Calidad Ecuador (CCE) y el Colegio de Ingenieros Mecánicos del Guayas (CIMEG) ejecutaron en 2011 el “Programa de Capacitación y Formación Profesional de Soldadores Industriales”, siendo las entidades Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional (SETEC) y el Ministerio de Productividad (MIPRO) las que cofinanciaron el taller (PP El verdadero, 2011).

En materia normativa, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) va más allá y ha establecido requisitos para los profesionales responsables de la fabricación y montaje de estructuras de acero (denominados en esta norma como *contratista*). Dicha norma establece que el contratista

Deberá tener como mínimo las siguientes credenciales profesionales:

- poseer un título de tercer nivel en ingeniería mecánica, ó
- poseer un título de tercer nivel en ingeniería civil y un título de tercer o cuarto nivel en tecnología de la soldadura, o ser un inspector de soldadura certificado (CWI) según la especificación AWS B5.1.

En casos en los que no se disponga de profesionales con la formación indicada, es permisible formar un equipo de trabajo para realizar la fabricación y el montaje que reúna estos requisitos. Por ejemplo, es permisible que el fabricante y/o montador sea un profesional con título de tercer nivel en ingeniería civil y que adicionalmente, se cuente con la participación de un inspector de soldadura, CWI.

Adicionalmente,

El profesional responsable por la supervisión de la adecuada ejecución de la obra se denominará fiscalizador en estas disposiciones, el mismo que deberá tener las credenciales profesionales descritas anteriormente para las actividades de fabricación y de montaje. (Norma NEC-SE-AC, 2015, p. 20)

---

<sup>25</sup> El trabajo refiere principalmente tres tipos de empresas: (a) de comercialización, (b) de producción, y (c) de servicios.

Como último punto a tratar (y no por eso menos importante) se destaca la labor del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN en materia de literatura normativa. Puntualmente, se resalta el aporte de los reglamentos técnicos: (a) RTE INEN 037, para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero; y (b) RTE INEN 040, para la soldadura de estructuras de acero. Los mismos establecen requisitos tanto para el personal de soldadura como para los profesionales en los campos indicados.

### 2.5.5 Tendencias en el extranjero

Respecto a soldadura, en países como Colombia existen instituciones como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), y la Asociación Colombiana de Soldadura y Ensayos No Destructivos (ACONSEND), que frecuentemente se encuentran levantando información en el ámbito laboral. De hecho, según una publicación de la revista electrónica *Metal actual*<sup>26</sup> de Colombia, “en marzo de 2012 la cifra de soldadores certificados bajo un estándar internacional en Colombia cayó al 12%” (Ordoñez, sf). En contraste, en Ecuador ninguna institución ha levantado información similar.

Adicionalmente, dicha revista señala que

El déficit de soldadores calificados y certificados no es un tema nuevo. Ya desde hace un poco más de ocho años, los industriales vienen criticando el limitado nivel de los trabajadores. En 2006, según lo evidenciado en el *informe de caracterización ocupacional de soldadura* del SENA, el 49% de los operarios en soldadura, encuestados para este estudio, no se encontraban calificados ni certificados bajo ningún estándar internacional y, de aquellos que si lo estaban, tan sólo el 20 por ciento se encontraban certificados bajo parámetros ASME<sup>27</sup>. (Ordoñez, sf)

Por otro lado, la AWS dentro de sus múltiples aportes en materia de soldadura, ha conducido proyectos que ratifican resultados favorables (en términos monetarios) como consecuencia directa de incluir personal certificado al proceso de producción como se muestra en la Tabla 7.

De su parte, Scales (2015) sostiene que actualmente la industria de la soldadura necesita transformar la manera de educar a su fuerza laboral para alcanzar metas a largo plazo y mantener una ventaja competitiva en el escenario mundial. Sin ahondar mucho, la razón que explicaría lo anterior es que “la soldadura ha madurado de tal manera que se ha convertido en una industria con mayor automatización, equipos avanzados, y altos niveles de documentación y responsabilidad relacionados con el control de calidad y el cumplimiento de códigos”.

Lo anterior no es la excepción en Ecuador. En la actualidad existen alrededor de 15 empresas del sector metalmeccánico que producen mensualmente de 500 toneladas en adelante<sup>28</sup>. La mayoría de estas empresas cuentan con equipos de soldadura de última generación, incluyendo líneas de armado y soldadura de vigas, donde la intervención del humano es mínima; sin embargo el conocimiento técnico es un requisito elemental.

<sup>26</sup> Sitio en internet [www.metalactual.com](http://www.metalactual.com)

<sup>27</sup> El código ASME es aplicado para el diseño y construcción de calderas y recipientes a presión. Consta de 11 secciones. La sección IX cubre lo relacionado con soldadura.

<sup>28</sup> Leer entrevista a Telmo Sánchez en el Anexo H.

**Tabla 7.** Ventajas y Beneficios de Capacitar a los Supervisores de Soldadura

“AWS, en conjunto con el Programa Nacional de Investigación para la Construcción de Naves (National Shipbuilding Research Program), NSRP por sus siglas en inglés, publicó un reportaje acerca de las ventajas de capacitar a los supervisores de soldadura y su efecto en la eficiencia en costos de producción. La investigación se respaldó con un proyecto piloto en un astillero en Alabama. Los resultados del programa piloto son como sigue:

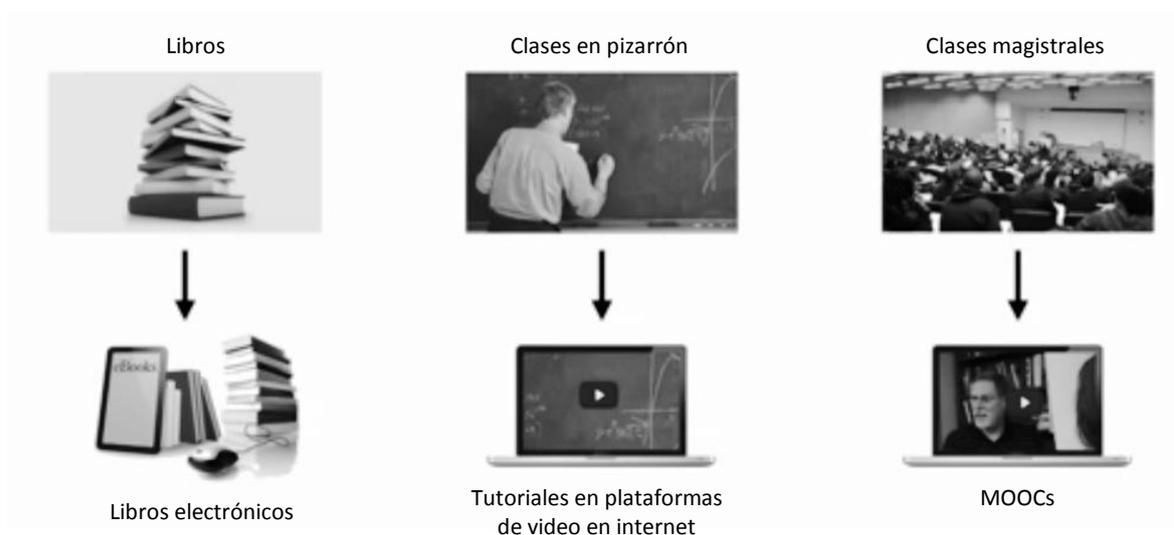
- Los costos proyectados por soldador se redujeron en US\$17.000 anualmente. Las horas de trabajo en secuencias sucesivas de construcción modular se redujeron en 1000 horas por módulo;
- Los ahorros potenciales del programa dieron un total de US\$2 millones anualmente; y
- En un orden de naves múltiples, la mejora típica en eficiencia promediaba entre 200 y 300 horas cuando un módulo se repetía. Después de la capacitación del supervisor de soldadura, el primer módulo repetido se realizó en 600 horas menos de trabajo; el segundo mostró 1000 horas menos de trabajo.

Las metas operativas para el logro y sus ahorros estimados fueron como sigue:

- Reducir el volumen del metal de soldadura. Ahorro potencial estimado: US\$3.319 por soldador;
- Reducir el tiempo de arco por soldado. Ahorro potencial estimado: US\$4.280 por soldador;
- Reducir el retrabajo (reproceso) y desperdicio. Ahorro potencial estimado: US\$3.244; y
- Reducir el esfuerzo en el trabajo, movimiento y tiempo de retraso. Ahorro potencial estimado: US\$6.200.”

Fuente. Wiswesser *et al.* (2008).

Scales (2015) además plantea e insiste en la diferencia entre un soldador entrenado y un soldador educado. Dicho autor sostiene que la educación es el elemento que marca la diferencia cuando se desea una mano de obra apropiada, sea en taller o en campo. En Estados Unidos estas ideas están muy claras a tal nivel que varias marcas han desarrollado diferentes recursos destinados a la educación de soldados tales como simuladores, y juegos serios<sup>29</sup> (McIntosh, 2015). Lo anterior hace sentido con la tendencia que han tenido algunos métodos de enseñanza como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11.** Evolución de Algunos Métodos de Enseñanza

Nota. MOOCs: Massive Open On-line Courses.

Fuente: Bodekaer, M. (2015). *This virtual lab will revolutionize science class*. Print extraído de Tedtalk TedX CERN y adaptado por el autor.

<sup>29</sup> Los juegos serios se definen como aquellos diseñados para un propósito distinto al entretenimiento puro (McIntosh, 2015).

### 2.5.6 Revisión bibliográfica sobre el tema central

Existe muy pocas publicaciones sobre reproceso de productos soldados en el sector metalmeccánico, al menos en los idiomas español e inglés. Probablemente, el trabajo de Barckhoff (1982) sea la contribución aplicada más completa sobre el tema. Dicho trabajo, definido como *Total Welding Management* (gestión total del proceso de soldadura), tiene como objetivo general, mejorar la productividad del proceso de soldadura, junto con una consecuente reducción de sus costos de producción. De acuerdo con el autor, este objetivo se logra a través de

- reducir el volumen de metal de soldadura,
- reducir el tiempo de arco por soldadura,
- reducir el reproceso y la chatarra,
- reducir el esfuerzo y la fatiga en el trabajo, y
- reducir los movimientos y tiempos de espera.

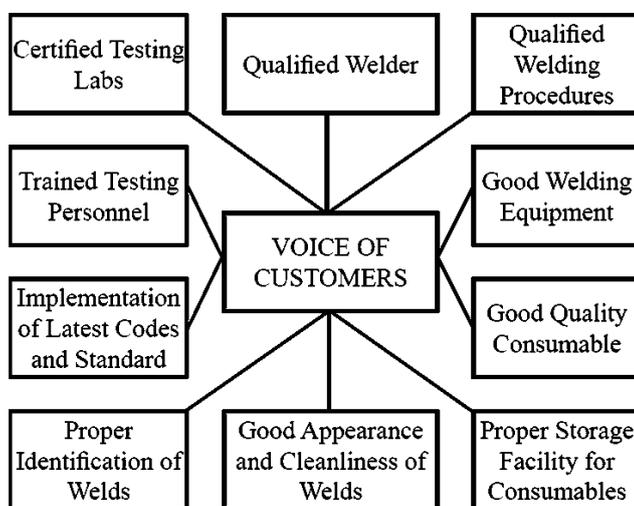
La teoría de Barckhoff fue aplicada por Hufsey (2003) en un programa de entrenamiento y certificación de supervisores de soldadura, logrando indirectamente importantes ahorros anuales por soldador, tal como se indica en la Tabla 7. Por otro lado, es importante mencionar el trabajo del autor chino Sun (2009), quien aplicó tanto la gestión total del proceso de soldadura, como el ciclo PDCA de Deming, enfatizando en la importancia del entrenamiento y evaluación, tanto del soldador como del personal de inspección; como parte de su análisis, Sun aborda las causas que generan problemas de calidad en el proceso de soldadura como lo recoge la Tabla 8.

**Tabla 8.** "The Reason Analysis of the Quality Problems"

Reason	Factor	%	Remark
Personal mistakes	Personal factor	12	12% quality problems are leaded by personal reason
Inappropriate inspection methods	Quality management factor	10	88% quality problems are leaded by management reason
Technical	Technical management factor	16	
Lack of understanding of new technologies, new material and new procedures		36	
Planning and organization weak	Production management factor	14	
Unknown	Organization management factor	8	
Other	---	4	

Fuente: "Welding quality management and inspection" (JinChuan Zen, 2009); citado por Sun (2009).

Alternamente, Yousaf e Ikramullath (2013), aplicaron la metodología Six Sigma DMAIC para reducir la tasa de reparación en el proceso de productos soldados. Estos autores pakistaníes concluyeron en su estudio que las principales causas que influirían en las variables de salida de la soldadura son (a) la habilidad del soldador, (b) las herramientas y equipos, y (c) los consumibles; la metodología DMAIC incluye una actividad llamada *la voz del cliente*, en la cual, el equipo de proyecto define gráficamente lo que el cliente consideraría de importancia para obtener una soldadura de buena calidad. En la siguiente Figura se muestra el resultado.



**Figura 12.** “Voice of Customers”

Fuente: Yousaf e Ikramullath (2013).

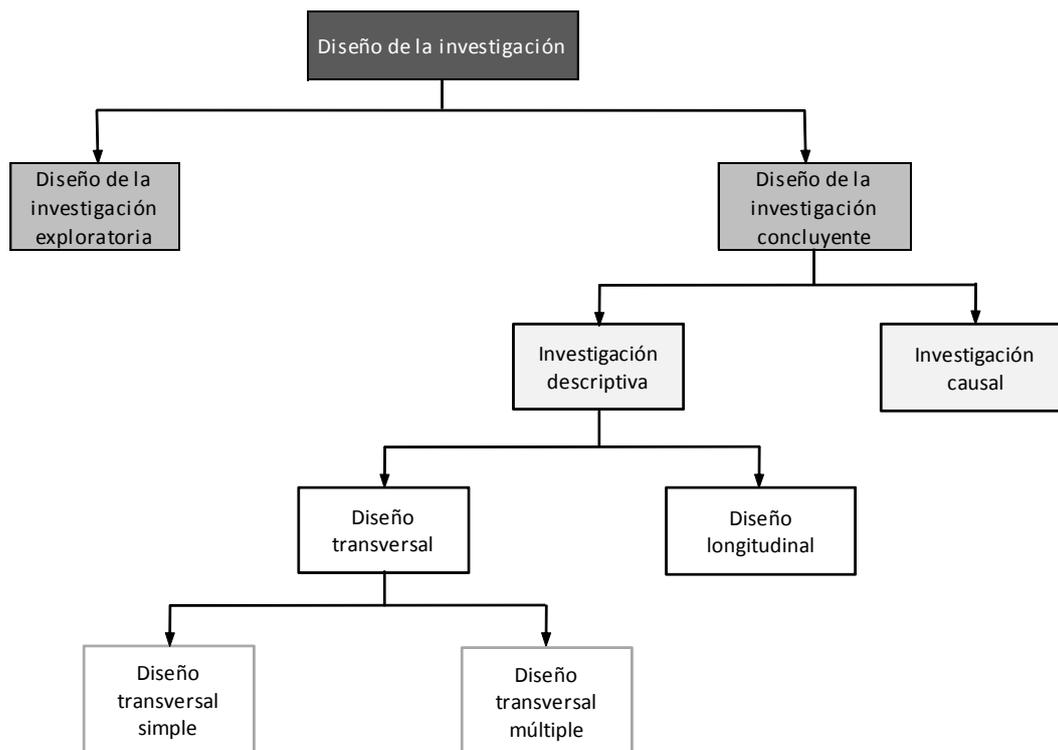
### 3. MARCO METODOLOGICO

El problema central de la línea de negocio *productos soldados* de la empresa de estudio fue previamente determinado considerando la percepción de diferentes áreas de la empresa. El problema priorizado e identificado corresponde a un continuo reproceso implícito en la fabricación de los productos de la línea. Para establecer una solución a este problema se aplicó como referencia la Metodología de Marco Lógico (MML), cuyo entregable final es la matriz de planificación del proyecto.

Para complementar el análisis del problema central, y otros propósitos pertinentes, se requirió además de técnicas de investigación exploratoria tales como (a) taller – grupo focal, y (b) entrevistas a expertos del ramo. El taller – grupo focal fue aprovechado además para examinar los conocimientos técnicos del personal operativo mediante un instrumento de evaluación previamente diseñado.

#### 3.1 Selección de Técnicas de Soporte

Para complementar el análisis del problema central se aplicó los diseños de investigación de mercados. Estos diseños se clasifican como (a) exploratorios, o (b) concluyentes (ver Figura 13). “El objetivo de la investigación exploratoria es proporcionar información y comprensión del problema”, mientras que “el objetivo de la investigación concluyente es probar hipótesis específicas y examinar relaciones particulares” (Malhotra, 2008, p. 79). En consecuencia, se seleccionó la investigación exploratoria.



**Figura 13.** “Clasificación de los Diseños de Investigación de Mercados”

Fuente: Malhotra (2008)

Elaborado: El autor.

### **Investigación exploratoria.** De acuerdo con Malhotra (2008)

Entre otros fines, es útil para definir con más detalle el problema, identificar posibles soluciones, y obtener información adicional antes de que pueda desarrollarse un enfoque específico. Se caracteriza por requerir muestras pequeñas, y por ser un método flexible y no estructurado; por lo cual sus hallazgos deberán considerarse como tentativos o como aportaciones que deben seguir investigándose. De hecho, dicha investigación es complementada con más investigación exploratoria o concluyente; en ocasiones solo se realiza la investigación exploratoria, en particular la cualitativa. (p. 79)

**Técnicas aplicadas.** Se aplicó las técnicas: (a) investigación cualitativa a través de grupos focales, y (b) entrevistas con expertos.

## **3.2 Taller - Grupo Focal**

El grupo focal o sesión grupal, es una de las técnicas más importantes de la investigación cualitativa<sup>30</sup>, siendo seleccionada por la riqueza potencial de la información contenida en las respuestas e intervenciones de los participantes.

### **3.2.1 Características**

Para la definición y selección del grupo focal se consideró tanto, los recursos disponibles, como las limitaciones propias de la empresa. En base a aquello, y además otras recomendaciones de Malhotra (2008), el grupo focal fue propuesto de la siguiente manera:

<b>Tamaño del grupo</b>	10 a 12 personas
<b>Composición del grupo</b>	Personal de soldadura (apuntaladores, soldadores, y operadores)
<b>Entorno físico</b>	Llevado a cabo dentro de una casa particular
<b>Duración</b>	120 minutos aproximadamente
<b>Registros</b>	Grabación de audio, fotos, evaluación técnica escrita
<b>Moderador</b>	Leonardo León

### **3.2.2 Objetivos del taller**

#### **Objetivos generales:**

1. Levantar información de soporte para el análisis del problema central empleando técnicas de investigación exploratoria aplicadas al personal de soldadura fuera de la empresa de estudio.
2. Evaluar los conocimientos técnicos de una muestra del personal de soldadura de la empresa de estudio.

#### **Objetivos específicos:**

1. Determinar problemas alrededor del problema central mediante un taller de lluvia de ideas, junto con el personal de soldadura fuera del entorno de trabajo.

<sup>30</sup> La investigación cualitativa se caracteriza también por ser de naturaleza exploratoria, no estructurada y basada en pequeñas muestras (Malhotra, 2008).

2. Analizar el problema central con el personal de soldadura mediante un conversatorio grupal efectuado fuera del entorno de trabajo; indagando sobre causas, efectos, recomendaciones y posibles soluciones al problema central. Algunas preguntas o actividades incluidas en el conversatorio fueron
  - saber si alguno de ellos han o están tomando cursos de soldadura por su propia cuenta,
  - conocer su opinión sobre las capacitaciones recibidas por parte de la empresa,
  - conocer qué opinan de la operatividad de sus equipos de soldadura,
  - conocer qué opinan del mantenimiento que reciben sus equipos de soldadura,
  - conocer qué les hace falta para ejecutar su trabajo con calidad, y
  - conocer cómo el personal percibe la calidad de los productos soldados que ellos fabrican, entre otros.
3. Tomar un examen teórico a una muestra del personal de soldadura de la empresa de estudio.
4. Examinar la idoneidad del instrumento de medición utilizado para tomar el examen teórico.

### 3.2.3 Evaluación técnica del personal operativo

La evaluación técnica abarcó los tópicos mostrados en la Tabla 9. Esta evaluación contiene de 30 a 35 preguntas de respuesta múltiple para ser desarrolladas en 60 minutos. Está diseñada para operadores y soldadores de empresas dedicadas a la construcción metalmeccánica, específicamente de elementos estructurales (como es el caso de la empresa de estudio). Sin embargo, parte de su contenido puede ser apropiado para otras aplicaciones.

**Tabla 9.** Tópicos de la Evaluación Técnica

No.	Tópico	% preguntas	No preguntas
1	Fundamentos del proceso de soldadura <sup>a</sup>	10%	3
2	Fundamentos de seguridad industrial	5%	2
3	Simbología de soldadura	5%	2
4	Tipos de discontinuidades y defectos	5%	2
5	Causas de discontinuidades y defectos	10%	3
6	Procedimientos de reparación	10%	3
7	Instrumentos de medición	5%	2
8	Inspección visual	15%	5
9	Manejo de insumos	5%	2
10	Lectura de WPS <sup>b</sup>	20%	6
11	Fundamentos del código de soldadura AWS D1.1	10%	3

Nota. Esta evaluación podría exceptuarse para la categoría apuntalador.

<sup>a</sup> Procesos tales como SMAW, GMAW, FCAW, SAW

<sup>b</sup> WPS=Especificación de Procedimientos de soldadura

Fuente: Literatura de la AWS.

Elaborado: El autor.

Para el diseño del instrumento de evaluación se utilizó información proveniente de fuentes tales como

- literatura de la AWS;
- el QC-7 *Standard for AWS Certified Welders*;
- el código de soldadura estructural AWS D1.1;
- el AWS A2.4 *Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination*;
- el estándar ANSI Z49.1 *Safety in Welding, Cutting and Allied Processes*; y
- los diseños curriculares levantados por la SETEC, entre otros.

El resultado fue previamente sometido a revisión por parte de expertos en el tema; y se encuentra disponible en el Anexo F.

### 3.3 Entrevistas a Expertos

Por lo general, la información de los expertos se obtiene mediante entrevistas personales no estructuradas, es decir sin la aplicación de un cuestionario formal. No obstante, resulta útil preparar una lista de los temas que deberían tratarse durante la entrevista.

(...) Las entrevistas con expertos son más útiles al realizar investigación de mercados para empresas industriales y para productos de naturaleza técnica. Este método también es útil en situaciones donde se dispone de poca información de otras fuentes. (Malhotra, 2008, p. 40, 41).

#### 3.3.1 Tópicos de las entrevistas

El tema central de las entrevistas a expertos corresponde al problema central anteriormente citado: “*Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmecánico del país*”, el cual fue abordado a través de los siguientes tópicos:

1. Relevancia de la problemática.
2. Situación puntual o repetitiva.
3. Causas.
4. Consecuencias.
5. Soluciones y recomendaciones.

#### 3.3.2 Selección del panel de expertos

De acuerdo con Malhotra (2008), “los expertos pueden encontrarse tanto dentro como fuera de la empresa” (p. 40). Sin embargo, para evitar el sesgo de la autocrítica se seleccionó profesionales que no trabajen dentro de la empresa de estudio, pero que de alguna manera están relacionados con ella (ver Figura 14), y conocen su realidad y la del sector metalmecánico. Entre las especialidades de los profesionales seleccionados están: fiscalizadores, inspectores, asesores, e instructores. Los expertos seleccionados se muestran en la Tabla 10, y los principales hallazgos se comentan en la sección 4.3 y en el Anexo H.

**Tabla 10.** Panel de Expertos

Experto	Área	Cargo actual	Localidad
Ajila, Paúl	Inspección de estructuras	Gerente en WELDTEST	Guayaquil
Arboleda, Marlon	Control de calidad	Jefe de Unidad de aseguramiento de la calidad en ASTINAVE	Guayaquil
Miño, Fredi	Inspecciones no destructivas	Presidente en SETE	Quito
Peralta, Javier	Capacitaciones, Inspección de soldadura	Jefe de servicios, Instructor CETI-SERTEC en INDURA	Quito
Sánchez, Telmo	Ingeniería, Academia	Profesor en USFQ	Quito

Nota. Información de contacto y extractos de los expertos disponibles en el Anexo H.

Fuente: Expertos

Elaborado: El autor.

### 3.4 Metodología de Marco Lógico

La Metodología de Marco Lógico (MML) es una herramienta de tipo analítica, útil para llevar a cabo sistemáticamente el diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Los pasos de esta metodología son:

1. Definición del problema central.
2. Análisis de fuerzas.
3. Análisis de involucrados.
4. Análisis del problema.
5. Análisis de objetivos.
6. Análisis de alternativas.
7. Construcción de la Matriz de Marco Lógico.

#### 3.4.1 Definición del problema central

El problema central percibido en la línea de negocio *productos soldados* de la empresa de estudio es

“Continuo reproceso en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmecánico del país”.

#### 3.4.2 Análisis de fuerzas

De acuerdo con el reconocido psicólogo social Lewin, citado por Peña (2012)

Cualquier situación puede describirse como un equilibrio temporal causado por dos conjuntos de fuerzas opuestas<sup>31</sup>: las fuerzas impulsoras y las fuerzas bloqueadoras. Las fuerzas impulsoras o positivas son las que contribuyen a cambiar la situación actual (el problema), mientras que las fuerzas bloqueadoras o negativas conservan el *status quo*.

<sup>31</sup> Conocido como campo de fuerzas de Kurt Lewin.

Las fuerzas en mención se pueden categorizar de acuerdo a su naturaleza, por ejemplo: recursos disponibles, tradiciones, intereses personales, estructuras organizativas, relaciones, tendencias sociales u organizativas, posturas de las personas, normativas, necesidades personales o grupales, prácticas actuales o pasadas, políticas y normas institucionales, agencias, valores, deseos, costos, personas, eventos, etc.

En consecuencia, se determinó qué factores apoyan o se contraponen a la solución del problema formulado, de modo que lo positivo pueda reforzarse, y lo negativo pueda eliminarse o reducirse mediante actividades adecuadamente diseñadas dentro del proyecto en sí. Para ponderar cada fuerza se aplicó una escala entre 1 y 5 para los criterios intensidad y potencial de cambio como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Matriz de Análisis de Fuerzas

Situación empeorada	Situación actual				Situación mejorada
Pérdida del mercado local e internacional	Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados...				Disminución de reprocesos en la fabricación de productos soldados
Fuerzas impulsoras	I	PC	I	PC	Fuerzas bloqueadoras
Existiría interés por aprender en los colaboradores.	4	3	3	4	Los recursos monetarios para fines preventivos de calidad son limitados
Al parecer existiría apoyo de parte de la gerencia de Planta.	3	4	4	5	Al parecer habría cierto centralismo/regionalismo en la dirección de la organización.
Al parecer existiría apoyo por parte de la gerencia general.	5	3	3	3	Al parecer existiría cierto grado de desmotivación en el personal de soldadura.
---			1	2	No se evidencia la existencia de al menos un plan apropiado para el mejoramiento de los conocimientos técnicos y/o prácticos del personal de soldadura.

Nota. Resultado: Fuerzas impulsoras = 39 puntos; Fuerzas bloqueadoras = 43 puntos.

Considérese la nomenclatura I = intensidad. Indica cuál es el nivel de impacto de la fuerza sobre la problemática; PC = potencial de cambio. Indica cuánto se puede modificar o aprovechar la fuerza para llegar a la situación deseada.

La escala tanto para I como para PC está dada como: 1=bajo, 2=medio bajo, 3=medio, 4=medio alto, y 5=alto.

Fuente: Empresa de estudio.

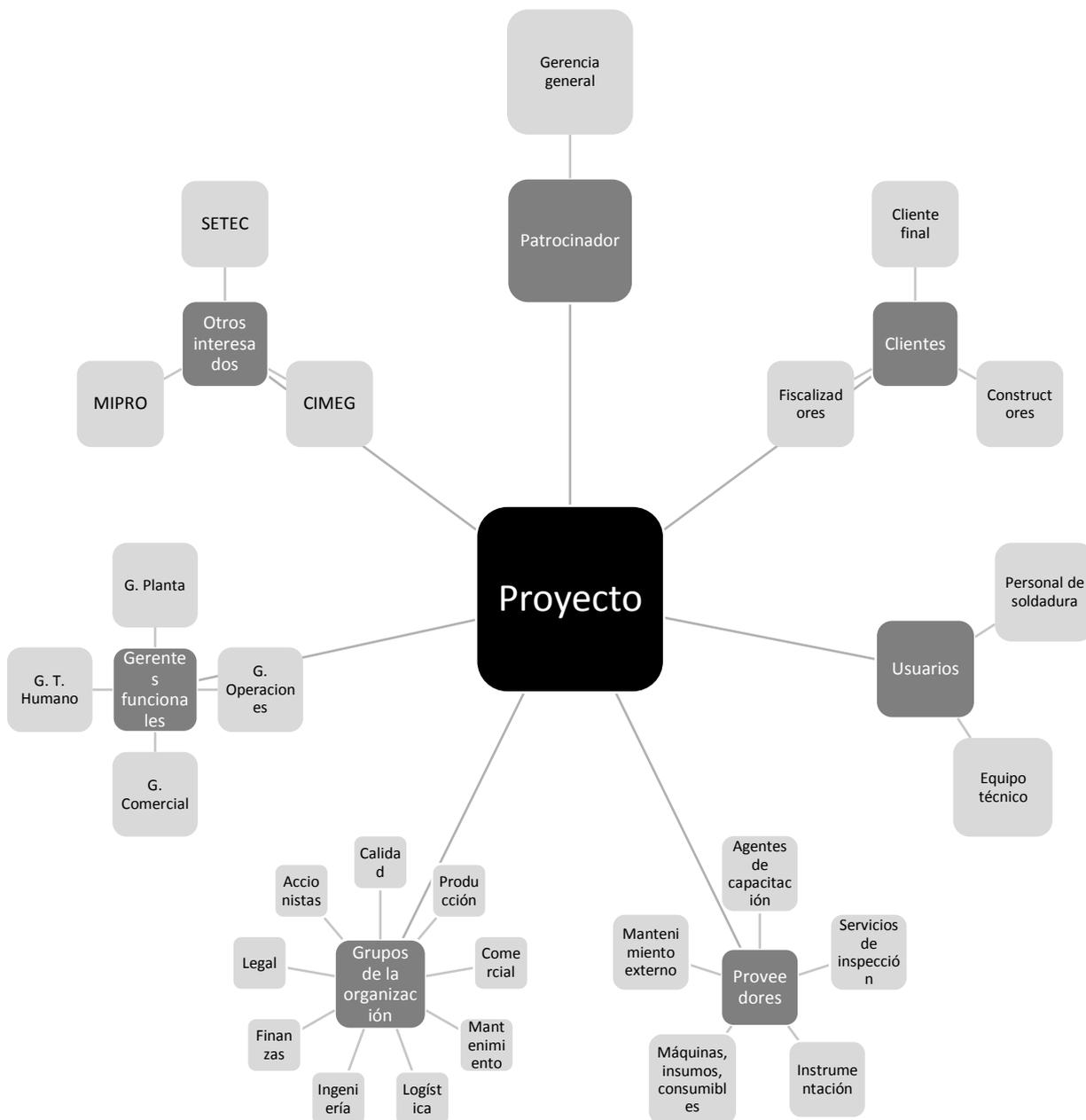
Elaborado: El autor.

### 3.4.3 Análisis de involucrados

Este análisis fue aplicado para

- identificar los intereses, necesidades o ventajas particulares de cada involucrado;
- identificar los problemas percibidos por cada involucrado; y
- establecer qué tipo de recursos, capacidades, motivaciones, o posibles compromisos tienen los diferentes grupos de involucrados, para contribuir a la solución del problema central, incluyendo recursos políticos (reglamento interno de la empresa de estudio), legales, humanos, o financieros, así como los compromisos que eventualmente estos podrían asumir frente al proyecto y su capacidad de participar.

En la Figura 14 se esquematiza la distribución de los diferentes involucrados del proyecto y en la Tabla 12 se muestra la respectiva matriz de análisis de involucrados.



**Figura 14.** Mapeo de Involucrados

Fuente: Empresa de estudio; estructuración de involucrados de acuerdo con PMBOK (2013, p. 32, 33)  
 Elaborado: El autor.

**Tabla 12.** Matriz de Análisis de Involucrados

Involucrados	Problemas percibidos	Intereses sobre la problemática	Recursos, Mandatos, Capacidades	Intereses sobre el proyecto	Conflictos potenciales	Estrategias requeridas
<b>Patrocinador</b>	La línea de negocios no está siendo rentable.	Mejorar la rentabilidad de la línea de negocio.	Monetarios, experiencia, gestión.		Ninguno.	“Vender” de manera clara y concreta los beneficios del proyecto.
<b>Clientes</b>	El proveedor tiene frecuentemente deficiencias de calidad.	Ninguno. El cliente puede cambiar de proveedor en cualquier momento.	Poder de decisión de compra.	Es una oportunidad para mantener las relaciones comerciales.	Terminar relaciones comerciales.	Difundir/promocionar los beneficios del proyecto para el cliente.
<b>Usuarios</b>	Hay muchos “problemas de calidad”, pero nadie nos capacita.	Esta situación está afectando sus ingresos monetarios.	Participación activa. Personal joven.	Es una oportunidad para aprender más y mejorar el sueldo.	Desmotivación al no ver materializados sus expectativas.	Motivación continua. Comunicación clara y sensata de los beneficios.
<b>Proveedores</b>	Hay limitaciones en los conocimientos del personal.	Unos proveedores sí estarían interesados. A otros no les conviene.	Disponibilidad inmediata. En el caso de Ag. Capacitación, estos no serían apropiados.	Unos proveedores sí estarían interesados. A otros no les conviene.	Ninguno.	Comunicar de manera clara y concreta los requerimientos. Negociar la mejor calidad y precio.
<b>Grupos de la organización</b>	El personal no está capacitado. Siempre hay errores. La supervisión es deficiente	Principalmente en el departamento de calidad	Experiencia, gestión.	Es una oportunidad para mejorar los indicadores de gestión.	Ninguno.	Motivación continua para garantizar la participación.
<b>Gerentes funcionales</b>	La línea de negocios no está siendo rentable. Se está perdiendo ventas.	Principalmente en los gerentes comerciales	Experiencia, gestión.	Es una oportunidad para recuperar la rentabilidad del negocio	Que no exista el debido soporte del gerente de producción.	Conseguir el respaldo del gerente general.
<b>Otros interesados</b>	El personal contratado en las empresas no siempre es calificado.	No sería una prioridad.	Experiencia.	Ninguno por el momento.	Ninguno.	Ninguna por el momento.

Fuente: Empresa de estudio.  
Elaborado: El autor.

### 3.4.4 Análisis del problema

A partir del problema central y los problemas detectados alrededor de este, se establecieron relaciones causa y efecto definiendo gráficamente varios niveles<sup>32</sup> de causalidad, esto es:

1. Causas directas (de primer orden).
2. Causas secundarias (de segundo orden).
3. Causas estructurales (de tercer orden).

Así también se definieron varios niveles de efectos generados por el problema central, esto es:

1. Efectos directos (de primer orden).
2. Efectos secundarios (de segundo orden).
3. Efectos estructurales (de tercer orden).

### 3.4.5 Análisis de objetivos

A partir del árbol de problemas las relaciones causa-efecto fueron transformadas en relaciones medios-fines a partir del problema central “traducido” en propósito. Así mismo, a partir del propósito se establecieron varios niveles jerárquicos para los medios, esto es:

1. Medios directos.
2. Medios indirectos.
3. Medios estructurales.

Y varios niveles de fines, como sigue:

1. Fines directos.
2. Fines secundarios.
3. Fines estructurales.

### 3.4.6 Análisis de alternativas

Mediante los resultados del árbol de objetivos se identificaron las soluciones alternativas (representadas por cadenas de objetivos, o dicho de otro modo, objetivos de la misma naturaleza) que puedan llegar a convertirse en estrategias del proyecto (excluyendo aquellos objetivos que no son éticamente deseables o factibles, o que de alguna manera ya están siendo atendidos por otros proyectos dentro de la empresa de estudio).

Los bloques de objetivos seleccionados fueron evaluados cualitativamente desde perspectivas como

- impacto sobre el propósito,
- factibilidad técnica, y
- factibilidad financiera, entre otros.

Considerando criterios como tales como

---

<sup>32</sup> La desagregación tanto de causas como efectos depende de la complejidad del problema analizado.

- disponibilidad de los recursos (técnicos, humanos, materiales, financieros, etc.),
- tiempo de ejecución,
- tipo de beneficiarios (directos e indirectos),
- riesgos potenciales,
- impactos esperados,
- viabilidad, entre otros.

### **3.4.7 Construcción de la Matriz de Marco Lógico**

Como entregable se obtuvo una matriz que contiene la siguiente información:

1. Objetivo general del proyecto.
2. Objetivos específicos.
3. Resultados esperados.
4. Actividades necesarias para alcanzar dichos resultados.
5. Recursos necesarios para desarrollar las actividades.
6. Limitantes externos.
7. Los indicadores para evaluar el avance del proyecto.

## 4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta y discute los principales resultados correspondientes a las técnicas y metodología propuestos en el capítulo precedente; antes, sin embargo se identifica y caracteriza a los beneficiarios del proyecto.

### 4.1 Identificación y Caracterización de los Beneficiarios del Proyecto

La empresa de estudio cuenta actualmente con una fuerza laboral operativa<sup>33</sup> de 130 personas aproximadamente, de los cuales 80 colaboradores realizan trabajos afines al procesamiento de acero para construcción de productos soldados. Dentro de estos últimos, 36 colaboradores se desempeñan como personal de soldadura en las categorías<sup>34</sup> *apuntalador*, *operador de soldadura*, y *soldador*. Es decir, cerca del 50% del personal operativo se dedica a la soldadura de alguna u otra manera.

Entre los datos investigados en esta sección constan (a) la categoría del personal de soldadura; (b) el nivel de educación (primaria, secundaria, formación técnica); (c) los cursos relacionados con soldadura que ha recibido, tanto por su propia cuenta, como por parte de la empresa; y (d) su calificación actual como soldador (ver sección 2.4.4), entre otros.

Lamentablemente, solo se tuvo acceso a una muestra de 11 de 36 colaboradores (30%) del área de soldadura, debido a que la gestión de esta información se encuentra centralizada en una de las oficinas de la sierra y era la información que se encontraba disponible en ese momento<sup>35</sup> en la oficina de la costa; sin embargo, datos como la categoría del soldador, su edad, periodo laboral en la empresa actual, y su calificación, sí se obtuvieron para toda la plantilla de soldadores como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Datos Básicos del Personal de Soldadura

Personal de soldadura Código <sup>a</sup>	Categoría <sup>b</sup>			Edad	PLEA <sup>c</sup>	Calificación
	A	OS	S	Años	Años	Posición/Proceso
PS1			x	39	5	2G/FCAW-G
PS2			x	41	7	2G/FCAW-G
PS3			x	26	4	3G/FCAW-G
PS4			x	47	4	3G/FCAW-G
PS5			x	31	8	2G/FCAW-G
PS6			x	41	8	3G/FCAW-G
PS7			x	42	7	3G/FCAW-G
PS8			x	30	4	3G/FCAW-G
PS9			x	36	7	1G/FCAW-G
PS10			x	35	4	3G/FCAW-G

(Continúa)

<sup>33</sup> Fuerza laboral que incluye operadores de máquinas, ayudantes, soldadores, operadores de soldadura, pintores, personal de despacho, mantenimiento, y otros.

<sup>34</sup> Ver sección 2.4.2 Personal de soldadura

<sup>35</sup> De acuerdo con Malhotra (2008), la técnica empleada corresponde a un *muestreo no probabilístico- por conveniencia*.

**Tabla 13.** Datos Básicos del Personal de Soldadura (continuación)

Personal de soldadura Código <sup>a</sup>	Categoría <sup>b</sup>			Edad	PLEA <sup>c</sup>	Calificación
	A	OS	S	Años	Años	Posición/Proceso
PS11			x	24	2	1G/FCAW-G
PS12			x	29	4	3G/FCAW-G
PS13			x	39	6	3G/FCAW-G
PS14			x	32	8	3G/FCAW-G
PS15			x	29	3	3G/FCAW-G
PS16			x	29	3	3G/FCAW-G
PS17		x	x	30	7	1G/SAW; 2G/FCAW-G
PS18			x	33	6	3G/FCAW-G
PS19			x	29	1	1G/FCAW-G
PS20			x	26	7	2G/FCAW-G
PS21		x	x	22	3	1G/SAW; 3G/FCAW-G
PS22		x	x	30	8	1G/SAW; 3G/FCAW-G
PS23		x	x	30	9	1G/SAW; 2G/FCAW-G
PS24		x	x	31	7	1G/SAW; 2G/FCAW-G
PS25		x	x	25	5	1G/SAW; 3G/FCAW-G
PS26		x		27	3	1G/SAW
PS27		x		22	2	1G/SAW
PS28		x		22	3	1G/SAW
PS29		x		39	11	1G/SAW
PS30		x		36	3	1G/SAW
PS31		x		25	4	1G/SAW
PS32		x		35	4	1G/SAW
PS33		x		26	4	1G/SAW
PS34	x			24	3	3F/SMAW
PS35	x			29	3	3F/SMAW
PS36	x			53	9	3F/SMAW

Nota.

<sup>a</sup> La codificación indicada en la columna 1 es arbitraria para preservar la identidad de los colaboradores.

<sup>b</sup> Categorías: A=Apuntalador; OS=Operador de soldadura; S=Soldador.

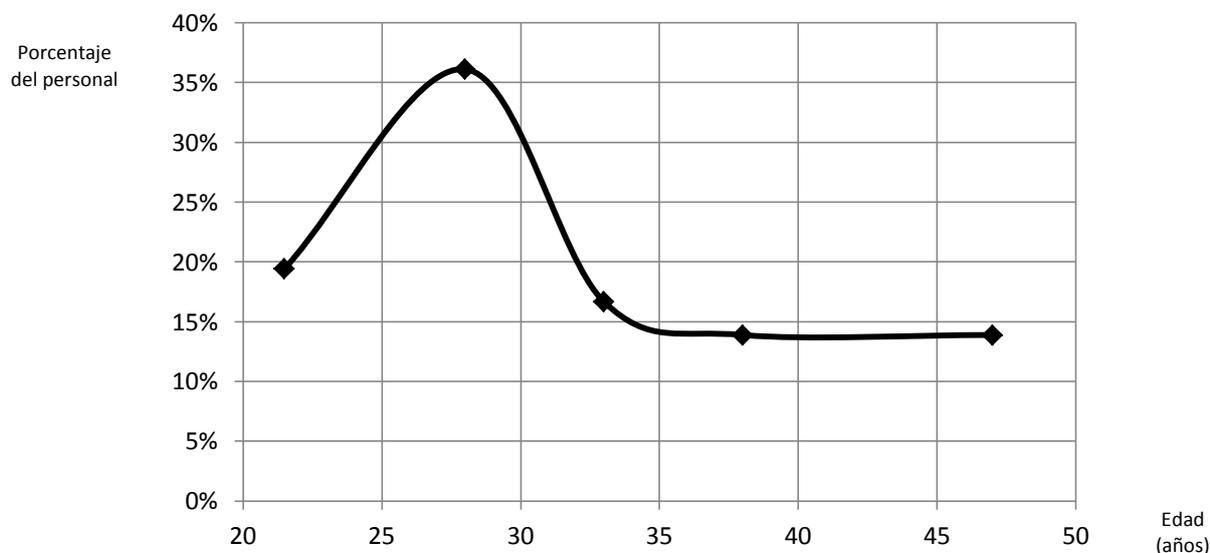
<sup>c</sup> PLEA = Periodo laboral en la empresa actual.

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

**Calificación (profesional).** A partir de la Tabla 13 se observa que la mayoría del personal se encuentra calificado en la categoría de soldador (25 de 36 colaboradores), mientras que 14 colaboradores están calificados en la categoría de operador de soldadura; y dentro de estos dos grupos, seis colaboradores se encuentran calificados en dos categorías, como soldador y operador de soldadura. Finalmente, tan solo tres colaboradores poseen una calificación como apuntalador.

**Edad.** Aproximadamente un 20% del personal se encuentra en el rango de 18 a 25 años, mientras que el rango promedio (de 26 a 30 años) representa un tercio del personal aproximadamente. Y por último, casi el 50% del personal es mayor de 30 años (ver Figura 15).



**Figura 15.** Distribución de Edad del Personal de Soldadura

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

**Capacitación, entrenamiento, educación.** Para una muestra equivalente a un tercio del personal de soldadura se tuvo además acceso a su información de educación y de cursos tomados relacionados con soldadura (ver Tabla 14).

Se puede decir que casi nadie ha tomado cursos o algún entrenamiento en soldadura por su propia cuenta. Además un poco menos del 50% de la muestra ha recibido apenas un curso por parte de la empresa. Lo anterior llama la atención tomando en cuenta que en promedio el periodo laboral actual es de cuatro años<sup>36</sup>.

Por último, un dato particular es que de esta muestra, nueve colaboradores tienen bachillerato con especializaciones de comercio y administración, electricidad, mecánica automotriz, y otras especialidades que no se relacionan con su actual ocupación, la soldadura.

<sup>36</sup> Esta afirmación está basada en la evidencia de los documentos proporcionados por la empresa. Es posible que dicha información no se encontraba actualizada al momento.

**Tabla 14.** Nivel Técnico y Operativo de una Muestra del Personal

Personal de soldadura Código <sup>a</sup>	Categoría <sup>b</sup>			Educación <sup>c</sup>			Edad		PLEA <sup>d</sup>		Cursos <sup>e</sup>		Calificación
	A	OS	S	P	S	FT	Años	Años	C1 <sup>f</sup>	C2 <sup>g</sup>	Posición/Proceso		
PS8			x		x		30	4	1	1	3G/FCAW-G		
PS11			x		x		24	2	0	0	1G/FCAW-G		
PS16			x		x		29	3	0	1	3G/FCAW-G		
PS17		x	x		x		30	7	0	1	1G/SAW; 2G/FCAW-G		
PS24	x	x			x		31	7	0	1	1G/SAW; 2G/FCAW-G		
PS26		x			x		27	3	0	0	2F/SAW		
PS27		x			x		22	2	0	0	2F/SAW		
PS28		x			x		22	3	0	0	2F/SAW		
PS31		x			x		25	4	0	0	1G/SAW		
PS32		x			x		35	4	0	1	1F/SAW		
PS33		x			x		26	4	0	0	2F/SAW		

Nota.

<sup>a</sup> La codificación indicada en la columna 1 es arbitraria para preservar la identidad de los colaboradores.

<sup>b</sup> Categorías: A=Apuntador; OS=Operador de soldadura; S=Soldador

<sup>c</sup> Educación: P=Primaria; S=Secundaria; FT=Formación técnica

<sup>d</sup> PLEA=Período laboral en la empresa actual

<sup>e</sup> Cursos tomados con agencias independientes a la empresa y relacionados exclusivamente a temas de soldadura.

<sup>f</sup> C1=Cursos tomados y pagados por cuenta propia del colaborador.

<sup>g</sup> C2=Cursos pagados por la empresa.

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

## 4.2 Desarrollo del Taller - Grupo Focal

### 4.2.1 Agenda

<b>Fecha:</b>	Sábado, 26 de septiembre de 2015
<b>Hora:</b>	13h00 a 15h00
<b>Lugar:</b>	Casa particular
<b>Asistentes:</b>	Se reserva la publicación de identidades.
<b>Moderador:</b>	Leonardo León
<b>Objetivos del taller:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>i. Levantar información de soporte para el análisis de la causa raíz del problema central empleando técnicas de investigación exploratoria aplicadas al personal de soldadura, dentro o fuera de la empresa de estudio.</li> <li>ii. Evaluar los conocimientos técnicos de una muestra del personal de soldadura de la empresa de estudio<sup>37</sup>.</li> </ol>

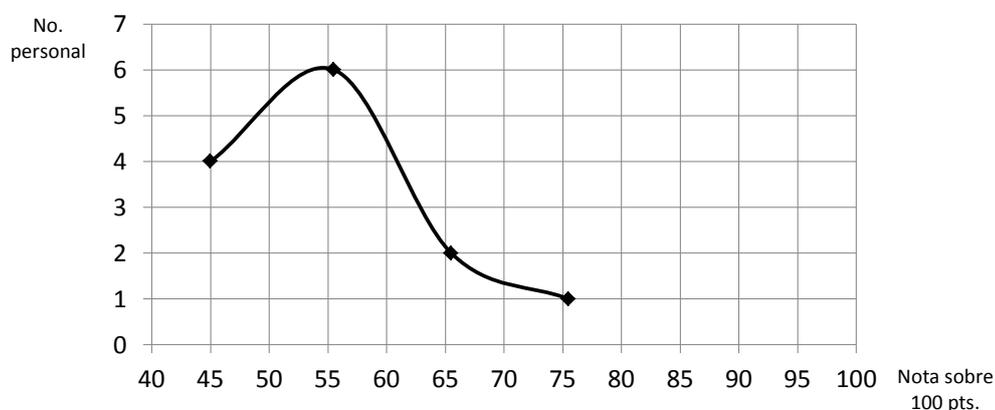
<sup>37</sup> Es preciso declarar que el personal de soldadura de la empresa de estudio sí cuenta con suficiente habilidad para soldar, y que las falencias técnicas se deben básicamente a sus limitados conocimientos técnicos teóricos (evidencia del autor). Por ello se decidió llevar a cabo una evaluación que corrobore lo anterior.

## Orden del día:

Punto	Actividad	Descripción	Tiempo (minutos)
1	Introducción	Saludo inicial, explicación de los objetivos de la reunión, descripción de las actividades programadas	5
		Explicación del protocolo de comportamiento durante la reunión	5
2	Evaluación técnica	Explicación de instrucciones y entrega de evaluaciones	5
		Desarrollo de evaluación técnica por parte de los participantes	60
		Recolección de evaluaciones	5
3	Conversatorio	Indagar en las causas, consecuencias y recomendaciones y/o soluciones. Además de los temas: Cursos tomados por su propia cuenta, opinión de las capacitaciones recibidas por parte de la empresa, operatividad de sus máquinas, mantenimiento recibido por sus máquinas, necesidades para ejecutar su trabajo con calidad, percepción sobre la calidad de los productos soldados.	20
4	Taller lluvia de ideas-Causa raíz	Explicación de instrucciones y entrega de material	5
		Taller lluvia de ideas-Causa raíz	20
		Recolección del trabajo	5
5	Finalización	Agradecimiento y despedida	5
-			<b>Total: 135</b>

#### 4.2.2 Resultados de la evaluación técnica

La evaluación técnica fue realizada a una muestra del personal de soldadura<sup>38</sup>. Considerando como satisfactorio el criterio de calificación mínima igual a 60 puntos sobre 100 (20 de 32 preguntas correctas) se obtuvo que un poco menos del 25% de la muestra cumple con este requisito (tres de 13 colaboradores), tal como se muestra en la Tabla 15. El promedio de la evaluación del personal es de 57 puntos sobre 100.



**Figura 16.** Distribución de Resultados de la Evaluación Técnica del Personal

Fuente: Evaluación realizada durante grupo focal.

Elaborado: El autor.

<sup>38</sup> De acuerdo con Malhotra (2008), la técnica empleada corresponde a un *muestreo no probabilístico- por juicio*.

**Tabla 15.** Resultados de la Evaluación Técnica para una Muestra del Personal

Personal Código <sup>a</sup>	Categoría <sup>b</sup>			Edad Años	PLEA <sup>c</sup> Años	Calificación Posición/Proceso	Nota (sobre 100)
	A	OS	S				
PS4			X	47	4	3G/FCAW-G	44
PS5			X	31	8	2G/FCAW-G	56
PS6			X	41	8	3G/FCAW-G	56
PS11			X	24	2	1G/FCAW-G	56
PS12			X	29	4	3G/FCAW-G	66
PS14			X	32	8	3G/FCAW-G	59
PS16			X	29	3	3G/FCAW-G	78
PS20			X	26	7	2G/FCAW-G	41
PS21		X	X	22	3	1G/SAW; 3G/ FCAW-G	59
PS22		X	X	30	8	1G/SAW; 3G/ FCAW-G	69
PS23		X	X	30	9	1G/SAW; 2G/FCAW-G	56
PS32		X		35	4	1G/SAW	50
PS36	X			53	9	3F/SMAW	47

Nota.

<sup>a</sup> Se usa un código arbitrario para preservar la identidad de los colaboradores.

<sup>b</sup> Categorías: A=Apuntalador; OS=Operador de soldadura; S=Soldador

<sup>c</sup> PLEA=Período laboral en la empresa actual

Fuente: Evaluación realizada durante grupo focal.

Elaborado: El autor.

Otro resultado interesante es que la mayoría de los tópicos definidos con la mayor ponderación (tópicos 1, 5, 6, 8, y 11, de la Tabla 16), en promedio no obtuvieron la mínima calificación de 60 sobre 100 puntos. No obstante, a pesar que el personal de soldadura no trabaja frecuentemente con sus WPS, dicho tópico (considerado por el autor como el de mayor ponderación) sí fue aprobado. Probablemente habría que rediseñar las preguntas referentes a este tópico para una siguiente versión de esta evaluación debido a que este hallazgo en particular no hace sentido con la realidad.

**Tabla 16.** Resultados de Evaluación por Tópicos

No.	Tópico	Calificación global
1	Fundamentos del proceso de soldadura	38%
2	Fundamentos de seguridad industrial	96%
3	Simbología de soldadura	54%
4	Tipos de discontinuidades y defectos	23%
5	Causas de discontinuidades y defectos	46%
6	Procedimientos de reparación	54%
7	Instrumentos de medición	85%
8	Inspección visual	56%
9	Manejo de insumos	69%
10	Lectura de WPS	75%
11	Fundamentos del código de soldadura AWS D1.1	49%

Fuente: Evaluación realizada durante grupo focal.

Elaborado: El autor.

### 4.2.3 Formulaci3n de causas

Mediante un taller de lluvia de ideas se solicit3 a los 13 participantes del grupo focal que escriban en hojas de papel formato A6 (10,5x14,8 cm), de tres a cinco hojas, lo que ellos consideran son las causas que genera el continuo reproceso en la fabricaci3n de productos soldados. Los resultados de este ejercicio se resumen en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Causas Formuladas mediante Taller – Lluvia de Ideas

No	Causa o problema detectado	No. casos encontrados
1	Los equipos de soldadura no est3n 100% operativos	9
2	Frecuente aplicaci3n de criterios de ensamble anti t3cnicos	9
3	Desmotivaci3n salarial	7
4	Escaso mantenimiento preventivo	6
5	Exceso de presi3n sobre el personal	5
6	La dotaci3n EPP (equipos de protecci3n personal) no es completa ni oportuna	4
7	Bajos sueldos	4
8	Errores en planos	3
9	Uso de producto ensamblado defectuoso	2
10	Disminuido sentido de pertenencia en el soldador	2
11	Algunos soldadores no est3n listos para las actividades asignadas	1
12	Frecuente indisponibilidad de planos (de taller <sup>39</sup> ) y especificaciones	1
13	Aplicaci3n de t3cnicas de soldadura inapropiadas	1
14	Uso de insumos en mal estado	1
15	Escasa disponibilidad de otros sistemas de protecci3n personal	1
16	Cambios de dise1o no son comunicados oportunamente al personal operativo	1
17	“Buenos trabajos” se asignan a contratistas <sup>40</sup>	1
18	Desmotivaci3n emocional	1
19	Insuficientes conocimientos t3cnicos en el soldador	1
-	Anulados	7
-	<b>Total</b>	<b>67</b>

Nota. La informaci3n contenida en esta tabla ha sido previamente procesada a partir de las tarjetas entregadas por los participantes para efectos de dar claridad a su lectura.

Fuente: Taller lluvia de ideas.

Elaborado: El autor.

<sup>39</sup> En la secci3n 2.3.1 se indic3 que en el 3mbito de la construcci3n metalmec3nica se consideran cuatro tipos de planos principalmente: (a) plano estructural, (b) plano de taller o de construcci3n, (c) plano de montaje, y (d) plano As Built.

<sup>40</sup> Ver explicaci3n en la cuarta vi1eta de la secci3n 4.2.4.

#### 4.2.4 Hallazgos durante conversatorio

Como parte del conversatorio se encontró además que

- algunos colaboradores indican que les gustaría tomar cursos de soldadura por su cuenta, pero por lo general no consiguen el apoyo de sus jefes;
- los “cursos de soldadura” recibidos por parte de la empresa no llenan las expectativas del personal debido a que los temas no son pertinentes a sus necesidades. Los participantes señalan que en algunos casos se trata de los mismos temas cada año y que además es común en vísperas de auditorías recibir una “lluvia de capacitaciones” (capacitaciones seguidas una tras otra) para cumplir con el plan programado, con lo cual no se consigue una asimilación apropiada de los nuevos conocimientos.
- las máquinas que frecuentemente reciben mantenimiento (principalmente de tipo correctivo) no están 100% operativas al momento de volverlas a utilizar. Los participantes sostienen que el personal de mantenimiento no valida la reparación del equipo junto con un soldador u operador, y que frecuentemente usan piezas de una máquina para ponerlas en otra;
- la empresa de estudio maneja un sistema de comisiones en el cual los ingresos del colaborador son proporcionales al volumen de producción, considerando los procesos que intervengan en la fabricación del producto. Es decir, mientras mayor sea el valor agregado del producto, mayor será la comisión. De acuerdo con los participantes, existen casos en los que, “en honor al tiempo”, un producto cualquiera solamente llega hasta el proceso de ensamblado (ver Figura 4) y el siguiente proceso de soldadura no lo continúa el mismo personal de planta, sino que es asignado a un subcontratista quien termina llevando la mejor parte (monetaria) afectando la comisión de los soldadores quienes en consecuencia se desmotivan por este tipo de “soluciones”; y
- Existen varios casos de compañeros que han ingresado a la empresa percibiendo el mismo sueldo que el personal antiguo, e incluso hasta un mayor sueldo sin una convincente justificación.

De los párrafos precedentes se extraen las causas implícitas y se resumen como sigue:

**Tabla 18.** Causas Extraídas del Conversatorio

No	Causa o problema detectado
1	No hay apoyo para tomar cursos por cuenta propia
2	Capacitaciones recibidas no son pertinentes
3	Frecuente utilización de repuestos usados
4	Procedimiento de testeo (de equipos de soldadura) inapropiados
5	Personal nuevo percibe mismo o mayor sueldo que el personal antiguo

Fuente: Conversatorio.

Elaborado: El autor.

#### 4.2.5 Fuentes potenciales de error

Durante el desarrollo del grupo focal se apreciaron situaciones que pudieron agregar algún grado de error a los hallazgos, entre los cuales se puede mencionar que

- el personal asistió a la sesión de grupo focal después de su jornada de trabajo la misma que concluía a las 12h30 de un día sábado;
- normalmente el personal (en general) está acostumbrado, sobre todo en fines de semana, a salir con sus amigos a sitios de esparcimiento, por lo cual es posible que su concentración durante la sesión focal no haya sido la suficiente;
- es posible que durante la evaluación técnica del personal, alguno(s) de ellos haya(n) copiado alguna(s) respuesta(s) del compañero de al lado. Lo anterior debido a que el sitio seleccionado no era muy amplio;
- así mismo, es posible que se hayan contestado preguntas al azar;
- es posible que el desarrollo de la evaluación técnica resultó aún más complicada debido a que el personal no está acostumbrado a este tipo de evaluaciones. Por ese motivo el moderador ayudó a los participantes leyendo las preguntas en voz alta y ofreciendo alguna explicación donde se consideró necesario para facilitar la comprensión de las mismas;
- durante la sesión del grupo focal se observó que al parecer existe algún grado de insatisfacción en los participantes, sobre todo en lo que respecta a su sueldo. Es posible que esta situación haya afectado la objetividad del taller lluvia de ideas;
- la ponderación de los tópicos definidos en la evaluación técnica pudo no haber sido la más apropiada (ver la Tabla 9);
- el sesgo de la autocrítica por parte de los participantes pudo haber llevado a ocultar información durante el taller de lluvia de ideas para determinar la causa del problema; y
- las habilidades del moderador.

#### 4.3 Contribución de Expertos

La opinión de los expertos sobre los tópicos propuestos para analizar el tema central (ver sección 3.3.1) es la siguiente:

**Relevancia de la problemática.** Se considera que es una situación relevante por su repercusión económica en el producto final, y delicada por sus implicaciones a la seguridad de la vida humana. Paradójicamente, quienes trabajan de cerca en construcciones soldadas ignoran el peligro implícito en un trabajo mal ejecutado.

**Situación puntual o repetitiva.** Es contundente la afirmación de que esta situación es repetitiva en el sector metalmecánico. No obstante, en empresas que destinan un presupuesto apropiado para labores de control de calidad, la frecuencia y magnitud son menores.

**Causas.** La principal causa apunta a un conocimiento técnico deficiente, tanto por parte del personal de soldadura, como por parte de sus supervisores. Otras causas se muestran en la Tabla 19.

**Consecuencias.** Una consecuencia directa es el incremento en los costos de producción del fabricante, llegando a soluciones extremas como la aplicación de aranceles y salvaguardas para “proteger” el mercado, como ocurre por ejemplo en el caso de la fabricación de vigas soldadas. Desde otro punto de vista existe la posibilidad de accidentes que conducirían al pago de ingentes indemnizaciones, afectando la imagen de la empresa pudiéndola llevar a la quiebra, junto con la pérdida del trabajo de muchas personas.

**Soluciones y recomendaciones.** En general, la solución apuntaría a mejorar los conocimientos técnicos del personal de soldadura, de acuerdo a necesidades puntuales, tomando en cuenta puestos claves; además de considerar la inclusión de otros departamentos.

Nota. Los resultados en detalle de cada entrevista e información adicional de los expertos se pueden consultar en el Anexo H.

**Tabla 19.** Causas Proporcionadas por Expertos

No	Causa o problema detectado
1	Limitado acceso del soldador a información técnica
2	Frecuente aplicación de criterios de ensamblaje anti técnicos
3	Poco seguimiento al desempeño del soldador
4	Limitaciones técnicas por parte de los jefes
5	Escasa disponibilidad de procedimientos de inspección

Fuente: Entrevista a expertos.

Elaborado: El autor.

#### 4.4 Otras Entrevistas

Para mejorar la comprensión del marco teórico, y por otro lado, para asegurar una formulación apropiada del proyecto, otras entrevistas fueron necesarias. En efecto, se hicieron acercamientos con la SETEC y el MIPRO. A continuación se comentan los hallazgos más relevantes.

##### **Entidad: Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional**

Se entrevistó a la Eco. Paula Morla, Responsable de la oficina SETEC Guayaquil. Los objetivos de esta entrevista fueron:

- obtener una explicación detallada de los documentos levantados por la SETEC, principalmente: (a) diseños curriculares, y (b) perfiles profesionales;
- recibir una explicación de la estructura del documento *diseño curricular*; y
- conocer qué otras actividades planea la SETEC llevar a cabo en materia de capacitación en soldadura.

**Hallazgos.** Hasta la fecha los documentos descritos en el Anexo E son los únicos que han sido levantados. Por otro lado, la institución encargada de levantar y realizar cambios a los documentos descritos es la *Dirección de Competencias y Certificación*. Si se deseara comunicar sobre el trabajo desarrollado para este proyecto se podría comunicar con el Dr. Juan Santa María.

## **Entidad: Ministerio de Productividad**

Se entrevistó a la Ing. Tamara Tapia Leturné, Directora de Productividad-Coordinación Zonal 5. El objetivo de esta entrevista fue básicamente:

- conocer si el MIPRO planea llevar a cabo algún proyecto en materia de soldadura.

**Hallazgos.** Por el momento, en el sector metalmecánico el MIPRO prevé trabajar en un proyecto relacionado con aluminio. No se indicó nada respecto a soldadura.

### **4.5 Otros Hallazgos**

Durante el proceso de levantamiento de información se encontró adicionalmente que

- en los expedientes del personal investigado existen pestañas que en su mayoría están vacías. Por ejemplo, lo referente a capacitaciones, y evaluaciones;
- como parte del proceso de selección del departamento de talento humano, el personal operativo debe rendir un examen sencillo denominado “prueba de conocimientos técnicos”, la misma que a decir del autor no tiene un diseño apropiado para los fines que se entendería, pretende esta “prueba”. Además, el mismo modelo es aplicado para personal de cualquier área (máquina);
- en ciertos documentos se usa de manera indistinta los términos “capacitación” y “entrenamiento”. Estos términos fueron definidos en la sección 2.4.1, siendo claramente diferentes; y
- en general, no se evidencia un proceso consistente para mejorar los conocimientos técnicos ni operativos del personal de soldadura.

### **4.6 Desarrollo de la Metodología de Marco Lógico**

#### **4.6.1 Análisis del problema**

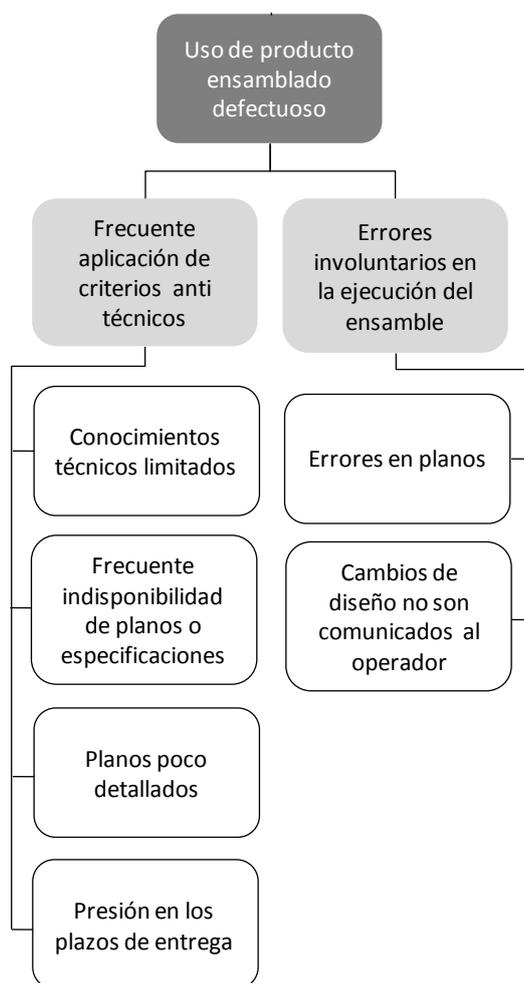
El problema central junto con sus causas y efectos fueron formulados anteriormente. Con esta información se construyó el árbol de problemas. Se encontró que las causas que explicarían el problema central son:

- Uso de producto ensamblado defectuoso.
- Uso de insumos en mal estado.
- Control de calidad poco eficaz.
- Aplicación de técnicas de soldadura inapropiadas.
- Los equipos de soldadura no están 100% operativos.

A continuación se discuten los resultados.

**Uso de producto ensamblado defectuoso.** Se refiere al hecho de soldar sobre una estructura ensamblada que contiene algún tipo de defecto, el cual, dependiendo de su criticidad podría magnificarse con la adición de calor (producido por la soldadura) y provocar una no conformidad en el producto soldado. Esta causa tendría dos orígenes: (a) uno de tipo voluntario, y (b) otro de tipo involuntario o inconsciente (ver Figura 17).

Para el primer caso, la causa sería una “frecuente aplicación de criterios de ensamblaje anti técnicos” por parte del personal responsable de las labores de ensamblaje<sup>41</sup>. Esto a su vez podría explicarse por al menos cuatro causas más. Por un lado, el personal de ensamblaje poseería “conocimientos técnicos limitados”. Por otro lado, frecuentemente no es posible contar con planos y/o especificaciones para realizar el ensamblaje del producto teniéndose que recurrir “al buen criterio” del colaborador. Otra causa sería que los planos, o en general la información entregada al personal no ofrece suficiente detalles de ensamblaje. Y por último, la presión que hay en los plazos de entrega, que en algunos caso lleva al personal a obviar ciertos pasos importantes en un adecuado “protocolo de ensamblaje”<sup>42</sup>, sobre todo cuando se les establece “metas” de producción muy exigentes, de acuerdo con la opinión de los colaboradores.



**Figura 17.** Uso de Producto Ensamblado Defectuoso-Causas

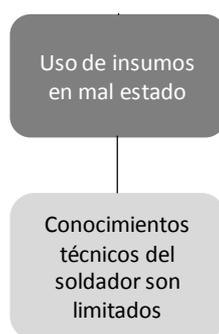
Fuente: Extraído de Figura 23. Árbol de Causas  
Elaborado: El autor.

<sup>41</sup> El proceso de ensamblaje puede ser totalmente manual o con ayuda de equipos de ensamblado.

<sup>42</sup> Como ejemplo: (a) aplicar las acciones necesarias para usar materia prima (acero) limpia sin polvo, cascarilla de laminación, producto de corrosión, grasa o aceite, humedad, etc., debido a que esta materia extraña afecta la correcta ejecución y posterior integridad de la soldadura depositada; y (b) no usar materia prima deformada, entre otros.

Para el segundo caso, la causa sería *errores involuntarios en la ejecución del ensamble*, y sus causas estarían en que los planos proporcionados al personal, sea que estos provengan del cliente ó sean elaborados internamente, tienen errores, que en algunos casos no logran pasar los primeros filtros de revisión. Otra causa podría ser que la información contenida en los planos no es actualizada y probablemente los “cambios de diseño no son comunicados oportunamente al personal operativo”.

**Uso de insumos (de soldadura) en mal estado.** Otra causa directa está dada por el uso de insumos de soldadura cuyas propiedades físicas y/o químicas han sido alteradas debido a factores externos que en mucho de los casos no están bajo el control directo del soldador, sino del responsable de su almacenamiento (el bodeguero). Esto se explicaría por el actual conocimiento técnico limitado que posee el soldador, lo cual no le permite inspeccionar o dar un tratamiento apropiado a los insumos antes de su uso, ni advertir posibles discontinuidades o defectos en la soldadura posteriormente depositada.



**Figura 18.** Uso de Insumos en Mal Estado-Causas

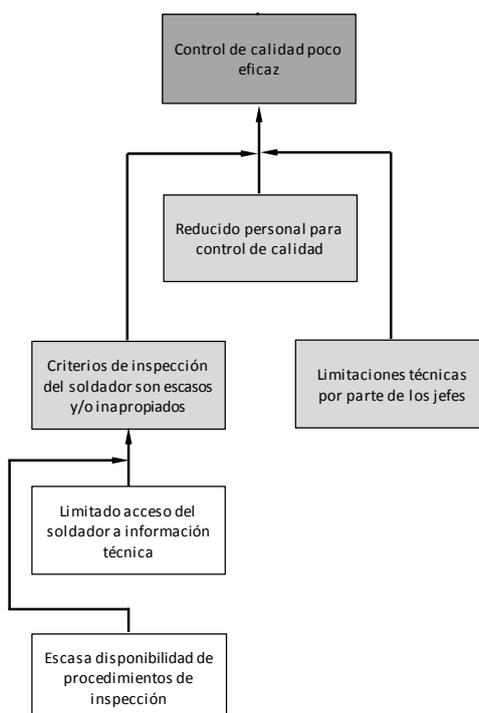
Fuente: Extraído de Figura 23. Árbol de Causas

Elaborado: El autor.

**Control de calidad poco eficaz.** Probablemente el control de calidad aplicado en la fabricación de productos soldados es poco eficaz (ver Figura 19). En esta disciplina deben intervenir tanto el personal de soldadura como los supervisores de planta. Por lo tanto, la reducida eficacia de su gestión de calidad, podría explicarse por un lado, a que el soldador no posee suficientes y/o adecuados criterios para llevar a cabo las labores de control de calidad, debido a un acceso limitado a información técnica o su inexistencia.

Por otro lado, se tiene que el personal (a nivel de supervisores) para el control de calidad podría ser insuficiente para cubrir los diferentes frentes y/o demanda de trabajo.

Por último, los documentos de referencia para realizar la inspección de las soldaduras son escasos o en su defecto, la información contenida en estos es poco apropiada para su uso directo por parte del personal de soldadura; probablemente debido a que los supervisores encargados de generarlos no están debidamente preparados o no cuentan con conocimientos mínimos.



**Figura 19.** Control de Calidad Poco Efectivo-Causas

Fuente: Extraído de Figura 23. Árbol de Causas  
Elaborado: El autor.

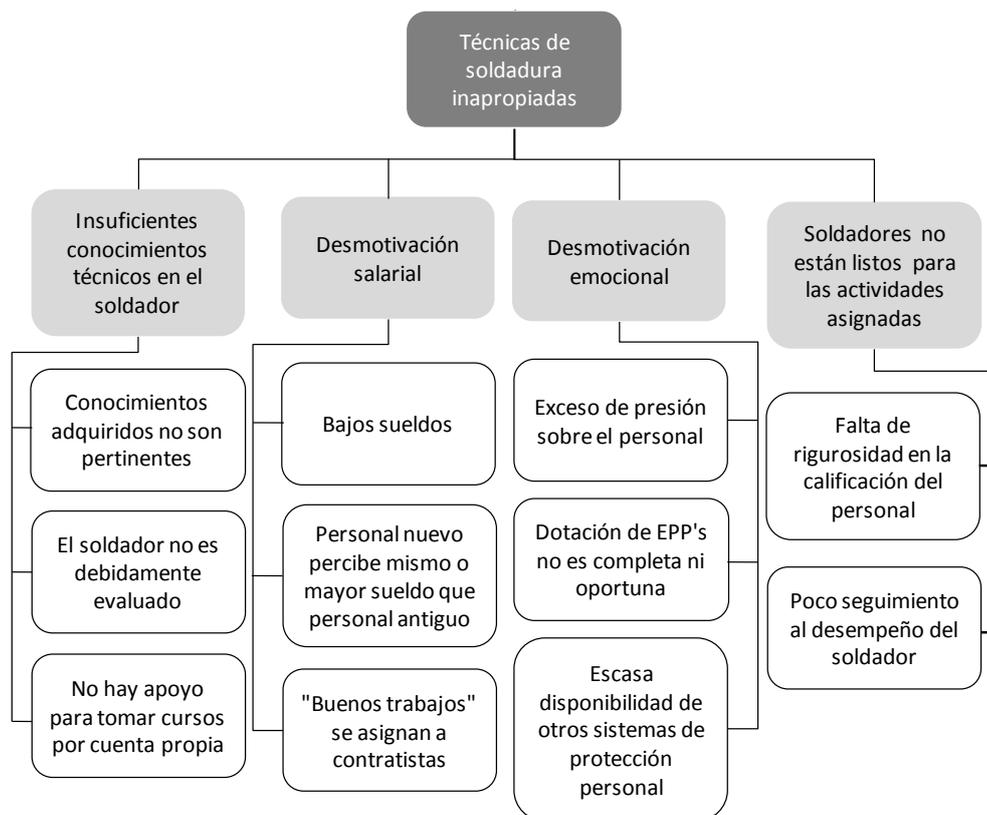
**Aplicación de técnicas de soldadura inapropiadas.** Otra causa directa lo constituye la aplicación misma de técnicas de soldadura inapropiadas (ver Figura 20). Tal vez, esto se deba a que (a) los conocimientos técnicos del soldador sean insuficientes, (b) el soldador no está aún preparado para las actividades asignadas, (c) existe algún nivel de desmotivación salarial, y/o (d) existe algún nivel de desmotivación emocional.

Para el literal *a*, las causas podrían ser que los conocimientos actuales no son pertinentes a las principales actividades del colaborador, o que el soldador no ha sido debidamente evaluado, o en última instancia que el colaborador queriendo tomar cursos por su propia cuenta, no tendría el apoyo de la empresa para hacerlo.

El literal *b* se explicaría por una falta de rigurosidad en el proceso de calificación del personal de soldadura y/o por un escaso seguimiento de su desempeño, sea antes o después de haber sido calificado. Se debe recordar que una calificación no es una garantía permanente de que el soldador va a producir soldaduras sin discontinuidades o defectos, sino un documento en el cual un inspector da fe de haber evidenciado que el colaborador soldó con éxito (incluyendo los ensayos pertinentes) una probeta normada con un proceso de soldadura, posición, y bajo un código específicos (ver sección 2.4.4).

Los literales *c*, *d* podrían explicarse por algún tipo de desmotivación, que podría estar relacionado al menos con lo salarial y lo emocional<sup>43</sup>, sin llegar a decir que atendiendo estos puntos se vaya a solucionar esta rama del problema central, de hecho investigaciones demuestran que el dinero no es necesariamente el principal motivador para todos.

<sup>43</sup> Las necesidades, la motivación y desmotivación son temas ampliamente estudiados. Al respecto, se recomienda particularmente leer el trabajo de grado “*Relación entre motivación laboral y desempeño apasionado*” de Mariño (2014), en el cual la autora sintetiza literatura de varios autores muy reconocidos, entre ellos, la profesora Virginia Lasio, directora de ESPAE.

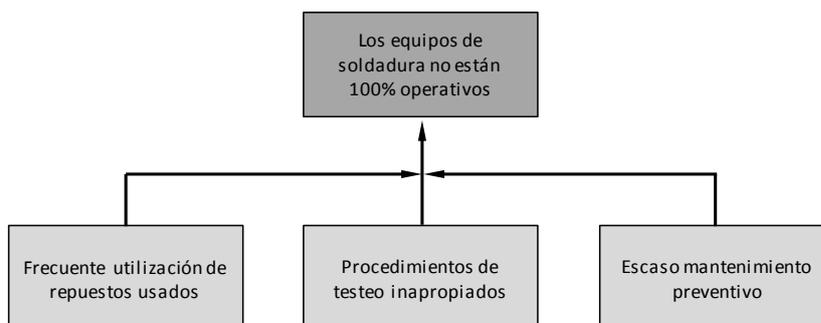


**Figura 20.** Aplicación de Técnicas de Soldadura Inapropiadas-Causas

Fuente: Extraído de Figura 23. Árbol de Causas  
Elaborado: El autor.

**Los equipos de soldadura no están 100% operativos.** La última causa directa detectada se enfoca a los equipos de soldadura que frecuentemente presentan algún tipo de desperfecto (ver Figura 21). Entre las razones que explicarían esta situación se tiene la frecuente utilización de repuestos usados en las labores de mantenimiento. Por otro lado, al menos los procedimientos de testeo parecerían no ser apropiados como se indicó en la sección 4.2.4, y por último un escaso mantenimiento preventivo.

El análisis del problema central se resume mediante un árbol de problemas. En la primera parte del árbol (ver Figura 22), se ilustra el árbol de efectos, mientras que en la segunda parte se muestra el árbol de causas (ver Figura 23).



**Figura 21.** Los Equipos de Soldadura no están 100% Operativos-Causas

Fuente: Extraído de Figura 23. Árbol de Causas  
Elaborado: El autor.

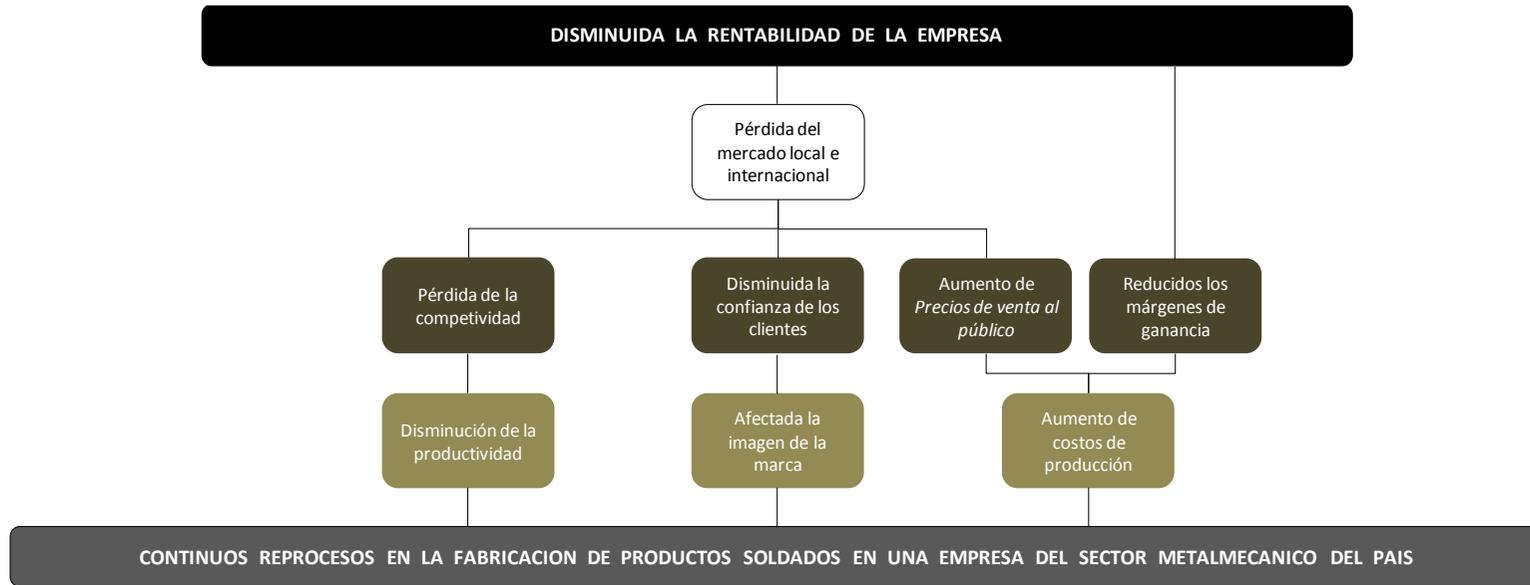


Figura 22. Árbol de Efectos

Elaborado: El autor.

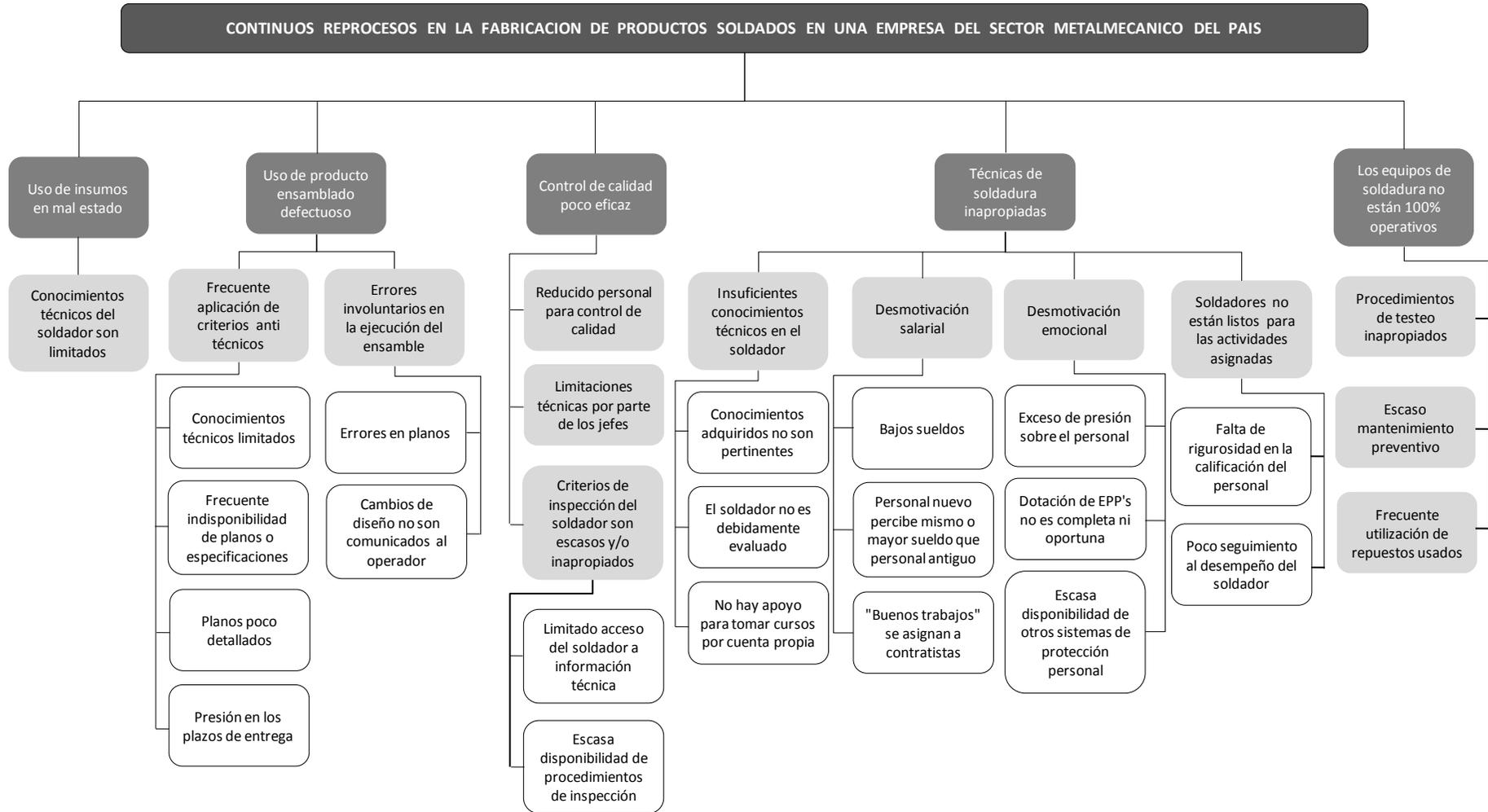


Figura 23. Árbol de Causas

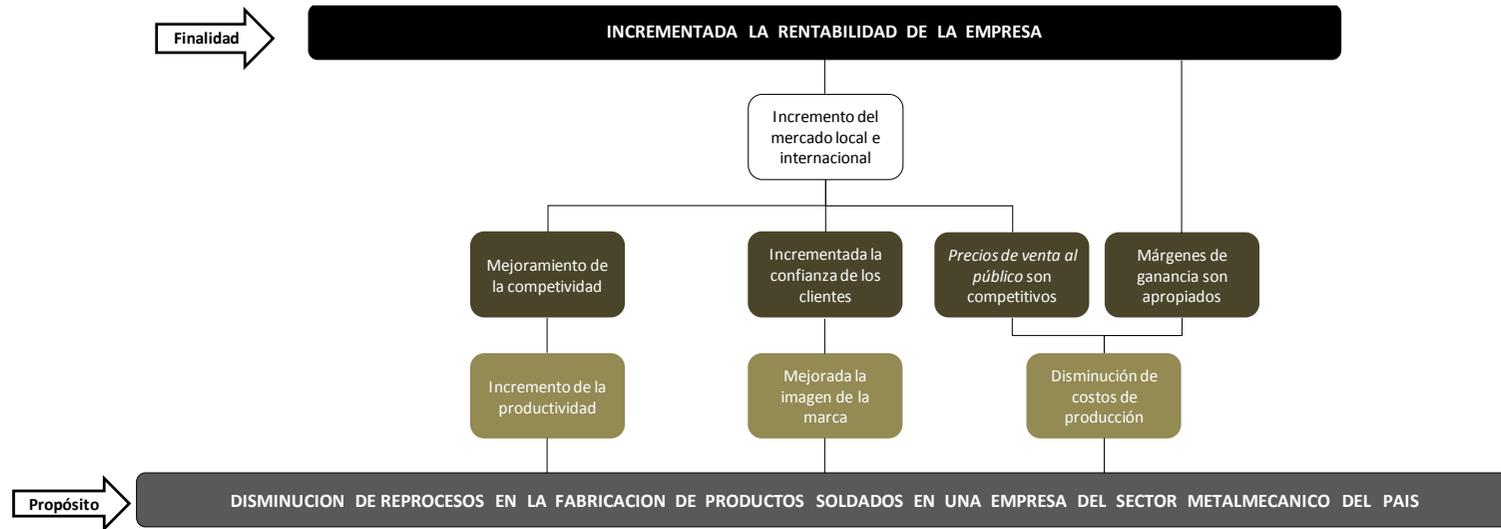
Fuente: Tabla 17, Tabla 18, y Tabla 19.  
Elaborado: El autor.

#### 4.6.2 Análisis de objetivos

El análisis de objetivos se resume mediante un árbol de objetivos. De igual manera, el árbol de objetivos se muestra en dos partes. En la primera parte se ilustra el árbol de fines (ver Figura 24), mientras que en la segunda parte se muestra el árbol de medios (ver Figura 25).

**Medios que deben operacionalizarse.** A partir del árbol de medios se identificaron 25 medios que solucionarían el problema central:

- Conocimientos técnicos del soldador son apropiados.
- Conocimientos técnicos apropiados (del personal de armado).
- Disponibilidad de planos, especificaciones.
- Planos suficientemente detallados.
- Presión en los plazos de entrega son moderados.
- Planos contienen información precisa.
- Cambios de diseño son comunicados al operador.
- La cantidad de personal para control de calidad es apropiada
- Los conocimientos técnicos de los jefes son apropiados.
- El soldador tiene acceso a información técnica.
- Disponibilidad de procedimientos de inspección.
- Conocimientos adquiridos son pertinentes.
- El soldador es debidamente evaluado.
- Se brinda apoyo para tomar cursos por cuenta propia.
- Los sueldos de los soldadores son competitivos.
- El sueldo es acorde a la antigüedad y experiencia probada.
- Justa asignación de trabajos a subcontratistas.
- La presión sobre el personal es moderada.
- Completa y oportuna dotación de EPP.
- Disponibilidad de otros sistemas de protección personal.
- La calificación del personal es rigurosa.
- Se da seguimiento al desempeño del soldador.
- Procedimientos de testeo son apropiados.
- Se intensifica el mantenimiento preventivo.
- Utilización de repuestos apropiados.



**Figura 24.** Árbol de Fines

Fuente: Árbol de efectos.  
Elaborado: El autor.

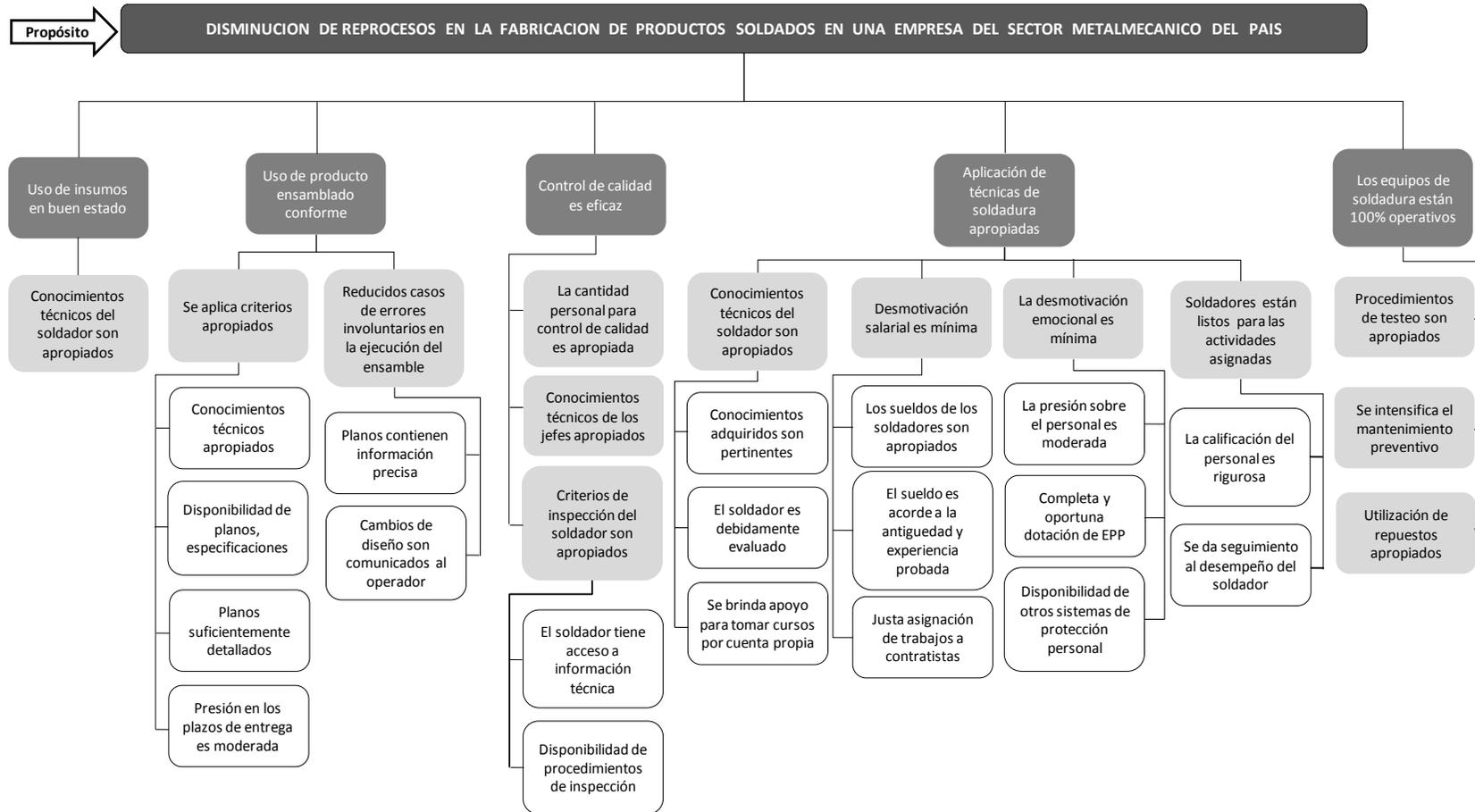


Figura 25. Árbol de Medios

Fuente: Árbol de causas.  
Elaborado: El autor.

### 4.6.3 Análisis de alternativas

**Identificación de acciones.** Para los medios resultantes se formularon las acciones mostradas en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Identificación de Acciones

Medios	Acciones
<b>M1</b> Conocimientos técnicos del soldador son apropiados.	<b>A1.1</b> Contratar un proceso de capacitación técnica, en base a la oferta local disponible. <b>A1.2</b> Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado.
<b>M2</b> Conocimientos técnicos del armador son apropiados.	<b>A2.1</b> Contratar un proceso de capacitación técnica con enfoque a la soldadura, en base a la oferta local disponible. <b>A2.2</b> Contratar un proceso personalizado de capacitación técnica con enfoque a la soldadura. <b>A2.3</b> Incluir adecuadamente al personal de armado en el mismo proceso de capacitación del personal de soldadura.
<b>M3</b> Disponibilidad de planos, especificaciones.	<b>A3</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M4</b> Planos suficientemente detallados.	<b>A4</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M5</b> Presión en los plazos de entrega son moderados.	<b>A5</b> No es posible garantizar este medio a través de una acción.
<b>M6</b> Planos contienen información precisa.	<b>A6</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M7</b> Cambios de diseño son comunicados al operador.	<b>A7</b> No es posible garantizar este medio a través de una acción.
<b>M8</b> La cantidad de personal para control de calidad es apropiada.	<b>A8</b> Incrementar el personal en el área.
<b>M9</b> Los conocimientos técnicos de los jefes son apropiados.	<b>A9.1</b> Enviar un equipo técnico a tomar cursos aplicados con alguna de las principales entidades especializadas en capacitación técnica. <b>A9.2</b> Conformar un equipo técnico de planta certificado por la AWS.
<b>M10</b> El soldador tiene acceso a información técnica.	<b>A10.1</b> Implementar monitores interactivos en planta para uso del personal de soldadura donde se pueda consultar información técnica aplicada. <b>A10.2</b> Desarrollar una app donde se pueda consultar información técnica aplicada. <b>A10.3</b> Desarrollar videos tutoriales donde se pueda consultar información técnica aplicada. <b>A10.4</b> Disponer de documentación técnica para el control de calidad de la soldadura, sea en medio físico o electrónico, adecuadamente distribuida.

(continua)

**Tabla 20.** Identificación de Acciones (continuación)

Medios	Acciones
<b>M11</b> Disponibilidad de procedimientos de inspección.	<b>A11.1</b> Disponer de documentación técnica para el control de calidad de la soldadura, sea en medio físico o electrónico, adecuadamente distribuida. <b>A11.2</b> Adquirir normativas AWS para uso en planta.
<b>M12</b> Conocimientos adquiridos son pertinentes.	<b>A12.1</b> Contratar un proceso de capacitación técnica, en base a la oferta local disponible. <b>A12.2</b> Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado.
<b>M13</b> El soldador es debidamente evaluado.	<b>A13</b> Incluir evaluaciones en el proceso de capacitación técnica para el personal de soldadura.
<b>M14</b> Se brinda apoyo para tomar cursos por cuenta propia.	<b>A14</b> Incorporar nuevas políticas en el departamento de talento humano para garantizar este requerimiento.
<b>M15</b> Los sueldos de los soldadores son competitivos.	<b>A15</b> <i>No es posible garantizar este medio a través de una acción.</i>
<b>M16</b> El sueldo es acorde a la antigüedad y experiencia probada.	<b>A16</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M17</b> Justa asignación de trabajos a subcontratistas.	<b>A17</b> <i>No es posible garantizar este medio a través de una acción.</i>
<b>M18</b> La presión sobre el personal es moderada.	<i>No es posible garantizar este medio a través de una acción.</i>
<b>M19</b> Completa y oportuna dotación de EPP.	<b>A19</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M20</b> Disponibilidad de otros sistemas de protección personal.	<b>A20</b> Adquirir otros sistemas de protección personal.
<b>M21</b> La calificación del personal es rigurosa.	<b>A21</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M22</b> Se da seguimiento al desempeño del soldador.	<b>A22</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M23</b> Procedimientos de testeo son apropiados.	<b>A23</b> Actualizar el/los procedimiento(s) pertinente(s) para garantizar este requerimiento.
<b>M24</b> Se intensifica el mantenimiento preventivo.	<b>A24</b> Actualizar el plan de trabajo del departamento de mantenimiento.
<b>M25</b> Utilización de repuestos apropiados.	<b>A25</b> Actualizar el plan de trabajo del departamento de mantenimiento.

Fuente: Árbol de medios.

Elaborado: El autor.

**Postulación de alternativas.** Para la conformación de alternativas se discriminó entre acciones complementarias y acciones excluyentes. Básicamente se propone tres alternativas. En este proceso algunas acciones fueron descartadas debido a que estarían fuera del ámbito de acción del proponente del proyecto; al respecto se plantean algunas recomendaciones en la sección 6.2.4. Cada alternativa planteada se muestra por separado en las partes a, b, y c de la Tabla 22.

**Tabla 21.** Postulación de Alternativas

Medio	Acciones propuestas	Alternativa		
		A	B	C
M1	A1.1, A1.2	A1.1	A1.2	A1.2
M2	A2.1, A2.2, A2.3	A2.1	A2.3	A2.2
M9	A9.1, A9.2	A9.1	A9.2	A9.2
M10	A10.1, A10.2, A10.3, A10.4	A10.4	A10.4	A10.1
M11	A11.1 = A10.4, A11.2	A10.4	A10.4	A11.2
M12	A12.1 = A1.1, A12.2 = A1.2	A1.1	A1.2	A1.2
M13	A13	A1.1	A1.2	A1.2

Fuente: Tabla 20. Identificación de Acciones

Elaborado: El autor.

**Evaluación de alternativas.** Para la evaluación de las alternativas se seleccionó tres criterios<sup>44</sup>, ponderados como sigue:

- impacto sobre el propósito, 50%;
- factibilidad técnica, 15%; y
- factibilidad financiera, 35%.

La calificación de cada acción está dada en función del puntaje de los tres criterios señalados. El puntaje otorgado está dado en base a la escala de Likert, esto es, con valores numéricos enteros entre uno y cinco. El puntaje total de cada acción corresponde a la suma ponderada de los tres criterios. En la Tabla 22, partes a, b, y c, se muestran las matrices de evaluación de las tres alternativas propuestas. Los resultados obtenidos son:

- alternativa A: 27,7.
- alternativa B: 29,1.
- alternativa C: 26,7.

<sup>44</sup> Existen otros criterios que no han sido tomados en cuenta debido a la naturaleza del problema analizado, tales como: factibilidad social, factibilidad política, factibilidad ambiental, entre otros.

**Tabla 22.** Matriz de Análisis de Alternativas**(a) Alternativa A:**

<b>Medios que deben operacionalizarse</b>	<b>%</b>	<b>Acciones</b>	<b>IP</b>	<b>FT</b>	<b>FF</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
(M1) Conocimientos técnicos del soldador son apropiados.	40%	(A1.1) Contratar un proceso de capacitación técnica, en base a la oferta local disponible.	3	5	4	3,7	1,5
(M2) Conocimientos técnicos del armador son apropiados.	5%	(A2.1) Contratar un proceso de capacitación técnica con enfoque a la soldadura, en base a la oferta local disponible.	3	5	5	4,0	0,2
(M9) Los conocimientos técnicos de los jefes <sup>45</sup> son apropiados.	40%	(A9.1) Enviar un equipo técnico a tomar cursos aplicados con alguna de las principales entidades especializadas en capacitación técnica.	2	5	5	3,5	1,4
(M10) El soldador tiene acceso a información técnica.	2%	(A10.4) Disponer de documentación técnica para el control de calidad de la soldadura, sea en medio físico o electrónico, adecuadamente distribuida.	1	5	5	3,0	0,1
(M11) Disponibilidad de procedimientos de inspección.	3%		5	5	5	5,0	0,2
(M12) Conocimientos adquiridos ( <i>del personal de soldadura</i> ) son pertinentes.	5%	(A1.1) Contratar un proceso de capacitación técnica, en base a la oferta local disponible.	5	4	3	4,2	0,2
(M13) El soldador es debidamente evaluado.	5%	(A13) Incluir evaluaciones en el proceso de capacitación técnica para el personal de soldadura; esto se puede solicitar que se incluya en la acción " <i>contratar un proceso de capacitación técnica, en base a la oferta local disponible (Acción A1.1)</i> ".	5	4	4	4,5	0,2
	<b>100%</b>					<b>27,8</b>	<b>3,7</b>

Notas. Considere la nomenclatura, IP = Impacto sobre el propósito; FT = Factibilidad técnica; FF = Factibilidad financiera

Fuente: Acciones seleccionadas de la Tabla 20.

Elaborado: El autor.

<sup>45</sup> Entiéndase por jefes a los supervisores del personal operativo; esto es, tanto supervisores de producción, como supervisores de calidad.

**Tabla 22.** Matriz de Análisis de Alternativas (continuación)**(b) Alternativa B:**

<b>Medios que deben operacionalizarse</b>	<b>%</b>	<b>Acciones</b>	<b>IP</b>	<b>FT</b>	<b>FF</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
(M1) Conocimientos técnicos del soldador son apropiados.	40%	(A1.2) Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado <sup>46</sup> .	5	4	3	4,2	1,7
(M2) Conocimientos técnicos del armador son apropiados.	5%	(A2.3) Incluir adecuadamente al personal de armado en el mismo proceso de capacitación del personal de soldadura.	3	5	5	4,0	0,2
(M9) Los conocimientos técnicos de los jefes son apropiados.	40%	(A9.2) Conformar un equipo técnico de planta certificado por la AWS.	5	5	3	4,3	1,7
(M10) El soldador tiene acceso a información técnica.	2%	(A10.4) Disponer de documentación técnica para el control de calidad de la soldadura, sea en medio físico o electrónico, adecuadamente distribuida.	1	5	5	3,0	0,1
(M11) Disponibilidad de procedimientos de inspección.	3%		5	5	5	5,0	0,2
(M12) Conocimientos adquiridos ( <i>del personal de soldadura</i> ) son pertinentes.	5%	(A1.2) Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado.	5	4	3	4,2	0,2
(M13) El soldador es debidamente evaluado.	5%	(A13) Incluir evaluaciones en el proceso de capacitación técnica para el personal de soldadura; esto se puede solicitar que se incluya en la acción " <i>contratar un proceso de capacitación técnica personalizado (Acción A1.2)</i> ".	5	4	4	4,5	0,2
	<b>100%</b>					<b>29,1</b>	<b>4,2</b>

Notas. Considere la nomenclatura, IP = Impacto sobre el propósito; FT = Factibilidad técnica; FF = Factibilidad financiera

Fuente: Acciones seleccionadas de la Tabla 20.

Elaborado: El autor.

<sup>46</sup> Entiéndase por "proceso personalizado" como aquel que determina los requerimientos reales del personal mediante algún instrumento adecuado, y a partir de ello, diseña un contenido apropiado, tomando como referencia bibliografía internacional y/o local; el carácter de personalizado no tiene que ver necesariamente con realizar la capacitación puertas adentro y/o en horarios cómodos solicitados por el cliente.

**Tabla 22.** Matriz de Análisis de Alternativas (continuación)**(c) Alternativa C:**

<b>Medios que deben operacionalizarse</b>	<b>%</b>	<b>Acciones</b>	<b>IP</b>	<b>FT</b>	<b>FF</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
(M1) Conocimientos técnicos del soldador son apropiados.	40%	(A1.2) Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado.	5	4	3	4,2	1,7
(M2) Conocimientos técnicos del armador son apropiados.	5%	(A2.2) Contratar un proceso personalizado de capacitación técnica con enfoque a la soldadura.	5	4	3	4,2	0,2
(M9) Los conocimientos técnicos de los jefes son apropiados.	40%	(A9.2) Conformar un equipo técnico de planta certificado por la AWS.	5	5	3	4,3	1,7
(M10) El soldador tiene acceso a información técnica.	2%	(A10.1) Implementar monitores interactivos en planta para uso del personal de soldadura donde se pueda consultar información técnica aplicada.	5	3	1	3,3	0,1
(M11) Disponibilidad de procedimientos de inspección.	3%	(A11.2) Adquirir normativas AWS para uso en planta.	1	4	3	2,2	0,1
(M12) Conocimientos adquiridos ( <i>del personal de soldadura</i> ) son pertinentes.	5%	(A1.2) Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado.	5	4	3	4,2	0,2
(M13) El soldador es debidamente evaluado.	5%	(A13) Incluir evaluaciones en el proceso de capacitación técnica para el personal de soldadura; esto se puede solicitar que se incluya en la acción " <i>contratar un proceso de capacitación técnica personalizado (Acción A1.2)</i> ".	5	4	4	4,5	0,2
	<b>100%</b>					<b>26,7</b>	<b>4,2</b>

Notas. Considere la nomenclatura, IP = Impacto sobre el propósito; FT = Factibilidad técnica; FF = Factibilidad financiera

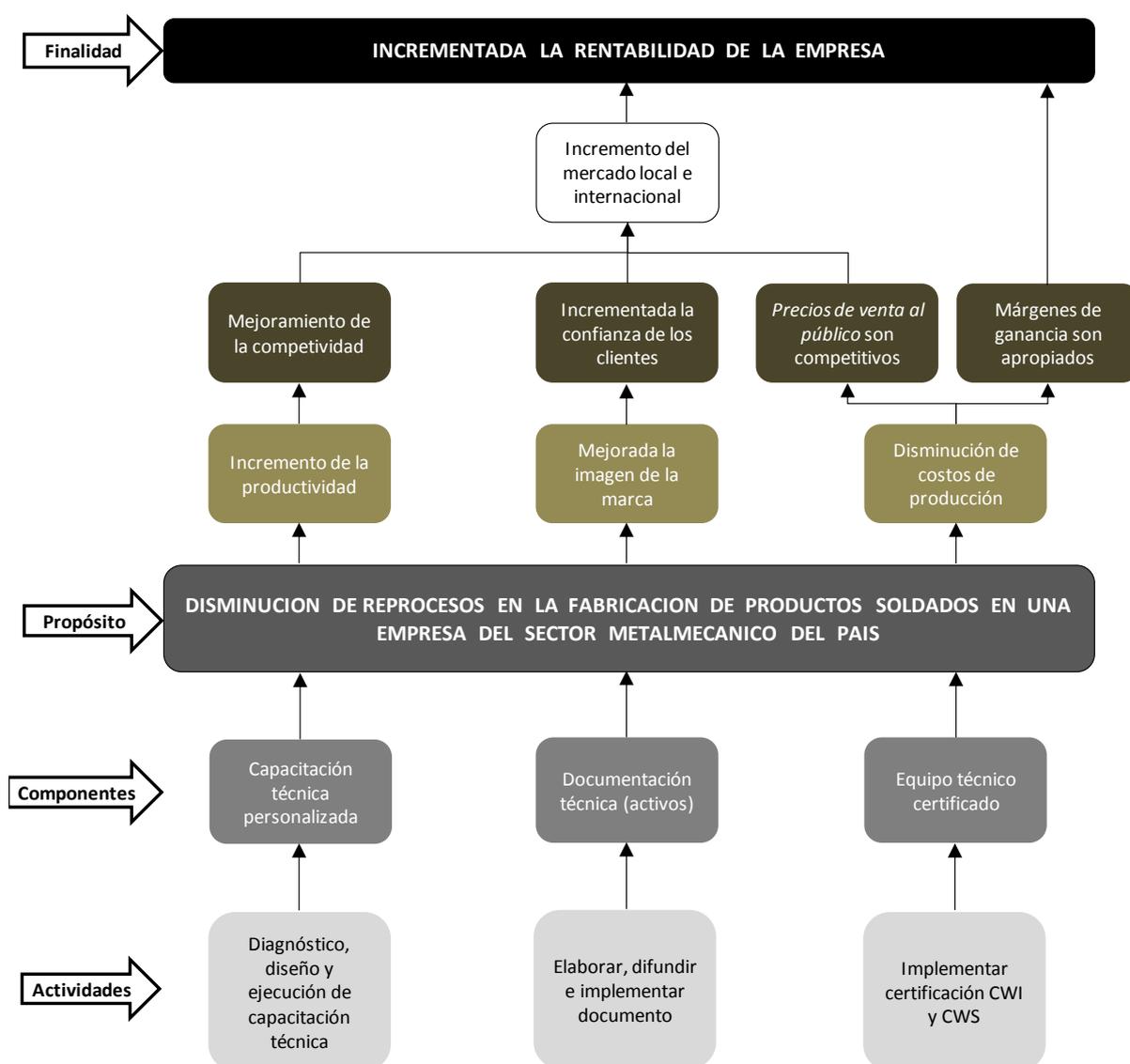
Fuente: Acciones seleccionadas de la Tabla 20.

Elaborado: El autor.

**Alternativa seleccionada.** La alternativa seleccionada incluye las siguientes acciones:

- Contratar un proceso de capacitación técnica personalizado (para el personal de soldadura).
- Incluir adecuadamente al personal de armado en el proceso de capacitación del personal de soldadura.
- Conformar un equipo técnico de planta certificado por la AWS.
- Disponer de documentación técnica para el control de calidad de la soldadura, sea en medio físico o electrónico, adecuadamente distribuida.

Estas acciones se simplifican, fusionan y reorganizan para conformar tres componentes como se muestra en la estructura analítica del proyecto (EAP) de la Figura 26; y como detalla en la matriz de planificación (Tabla 23).



**Figura 26.** Estructura Analítica del Proyecto

Fuente: Árbol de fines (Figura 24), Matriz de análisis de alternativas (Tabla 22).  
Elaborado: El autor.

## 4.7 Matriz de Marco Lógico

**Tabla 23.** Matriz de Planificación del Proyecto

Resumen narrativo de objetivos	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin del proyecto:</b> Incrementar la rentabilidad de la línea de negocios <i>Productos soldados</i> en una empresa del sector metalmeccánico.	A los tres años de haberse implementado el proyecto las pérdidas monetarias por reprocesos, multas, y/u otros conceptos desprendidos de no conformidades debidas a la calidad del producto ha disminuido entre un 25 a 40% del valor actual (250M dólares).	Informe financiero de la línea de negocios <i>Productos soldados</i> .	No existe una reducción sustancial tanto de la demanda (toneladas) de productos soldados, como del precio del acero, de modo que los ingresos netos de la línea de negocio se vean afectados.
	A partir del primer año de haber arrancado el proyecto existen reducciones anuales de 9000±2000 dólares por concepto de servicios especializados de personal CWI y/o CWS.	Informe financiero o de contabilidad en donde conste el monto de los servicios especializados de personal CWI y/o CWS contratados anualmente.	Se cuenta con al menos un ingeniero de planta certificado como CWI por al menos tres años.
<b>Propósito del proyecto (u objetivo general):</b> Disminuir los reprocesos en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmeccánico del país.	A los tres años de haberse implementado el proyecto, los casos de reprocesos (debido a la calidad del producto) han disminuido hasta 0.5 por mes.	Informes periódicos en donde consten los reprocesos por mes.	El proceso de capacitación técnica es implementado con éxito y replicado en los siguientes dos años.
<b>Componentes del proyecto (resultados u objetivos específicos):</b> <b>(1)</b> Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.	Al menos un 50% de la plantilla completa del personal de soldadura (36 colaboradores) aprueba satisfactoriamente (puntaje mínimo 60/100 puntos) las evaluaciones al finalizar el proceso de capacitación técnica respecto del 25% que aprobara en la evaluación realizada a una muestra equivalente a un tercio de dicha plantilla.	Informe y registros en donde conste los resultados (puntaje) obtenidos por cada uno de los beneficiarios.	El proceso de capacitación técnica es implementado con éxito y replicado en los siguientes dos años.
			La rotación del personal no será superior al 25% de la plantilla inicial, al menos durante tres años una vez iniciado el proyecto.
<b>(2)</b> Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.	Elaboración de al menos un documento técnico (basado en el código de soldadura AWS D1.1) para control de calidad de soldadura antes del primer año de implementación del proyecto.	Ejemplar en físico del documento técnico y/o archivo electrónico distribuidos apropiadamente en el sitio de trabajo del personal de soldadura y supervisores de planta.	El documento para control de calidad de soldadura es difundido tanto al personal de soldadura como a supervisores de planta.

(Continúa)

**Tabla 23.** Matriz de Planificación del Proyecto (continuación)

Resumen narrativo de objetivos	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
<b>(3)</b> Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.	Dentro de un periodo de 8 a 18 meses después de iniciar el proyecto, se cuenta con al menos un técnico certificado como CWI.	Diploma de certificación como CWI o CWS extendido por la AWS, para cada integrante del equipo técnico.	No existe rotación del cuerpo técnico seleccionado para el proceso de certificación.
			Los postulantes han aprobado satisfactoriamente los exámenes aplicables a su certificación.
Actividades del proyecto	Presupuesto (USD)	Medio de verificación	Supuestos
<b>COMPONENTE I: Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.</b>	<b>24428.35</b>		
<b>1.1</b> Realizar un diagnóstico técnico a la plantilla completa (36 colaboradores) del personal de soldadura.	1792.04	Resultado de las evaluaciones.	No existe rotación del personal de soldadura seleccionado para el proceso.
<b>1.2</b> Diseñar el contenido de la capacitación técnica basado en la estructura modular desarrollado en la sección 5.10.1.4	2716.36	Memoria técnica de las 12 charlas.	Las asignaciones monetarias se cumplen en los plazos establecidos.
<b>1.3</b> Ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.	19919.95	Fotografías del desarrollo de las charlas.	Las asignaciones monetarias se cumplen en los plazos establecidos.
		Videos del desarrollo de las charlas.	
		Registros de asistencia de los participantes.	
<b>COMPONENTE II: Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.</b>	<b>10997.47</b>		
<b>2.1</b> Elaborar, difundir e implementar al menos un documento técnico para inspección de soldadura.	10997.47	Ejemplar en físico del documento técnico y/o archivo electrónico distribuidos apropiadamente en el sitio de trabajo del personal de soldadura y supervisores de planta.	El documento para control de calidad de soldadura es difundido tanto al personal de soldadura como a supervisores de planta.

(Continúa)

**Tabla 23.** Matriz de Planificación del Proyecto (continuación)

Actividades del proyecto	Presupuesto (USD)	Medio de verificación	Supuestos
<b>COMPONENTE III: Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS</b>	<b>11496.98</b>		
<b>3.1</b> Implementar la certificación de un técnico como CWI.	6474.74	Diploma de certificación como CWI extendido por la AWS.	Las asignaciones monetarias se cumplen en los plazos establecidos.
<b>3.2</b> Implementar la certificación de un técnico como CWS.	5022.24	Diploma de certificación como CWS extendido por la AWS.	Las asignaciones monetarias se cumplen en los plazos establecidos.
<b>Total:</b>	<b>46922.80</b>		

Fuente: Análisis de alternativas.

Elaborado: El autor.

## 5. PROPUESTA DE PROYECTO

### 5.1 Tipo de Proyecto

El proyecto propuesto para atender la problemática “continuo reproceso en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmeccánico del país”, es del tipo *de intervención*<sup>47</sup>, considerando los tipos de proyectos: (a) proyectos de intervención, (b) proyectos de evaluación, (c) proyectos de desarrollo tecnológico, (d) proyectos de investigación, y (e) proyectos de investigación-acción (Hernández, 2006).

### 5.2 Finalidad

Incrementar la rentabilidad de la línea de negocios de *productos soldados* en una empresa del sector metalmeccánico.

### 5.3 Propósito

Disminuir los reprocesos en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmeccánico del país.

### 5.4 Componentes

Los componentes del proyecto son:

4. Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.
5. Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.
6. Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.

En base a estas componentes se establece la estructura de desglose de trabajo (EDT) mostrada en la Figura 27.

### 5.5 Actividades

- Realizar un diagnóstico técnico a la plantilla completa (36 colaboradores) del personal de soldadura.
- Diseñar el contenido de la capacitación técnica basado en la estructura modular desarrollado en la sección 5.10.1.4.
- Ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.
- Elaborar, difundir e implementar al menos un documento técnico para inspección de soldadura<sup>48</sup>.
- Implementar la certificación de un técnico como CWI.
- Implementar la certificación de un técnico como CWS.

---

<sup>47</sup> Según Hernández (2006), el contenido básico de la descripción y fundamentación de un proyecto de intervención es una acción que se ejerce sobre un objeto rigurosamente determinado.

<sup>48</sup> Esta actividad incluye la adquisición de instrumentos de medición y otros accesorios complementarios para la inspección de soldadura.



**Figura 27.** Estructura de Desglose de Trabajo

Fuente: Matriz de planificación del Proyecto.  
Elaborado: El autor.

## 5.6 Indicadores y Medios de Verificación

### 5.6.1 Indicadores de resultado

- A los tres años de haberse implementado el proyecto las pérdidas monetarias por reproceso, multas, y/u otros conceptos desprendidos de no conformidades debidas a la calidad del producto ha disminuido entre un 25 a 40% del valor actual (250M dólares).
- A los tres años de haberse implementado el proyecto, los casos de reprocesos (debido a la calidad del producto) han disminuido hasta 0.5 por mes.
- A partir del primer año de haber arrancado el proyecto existen reducciones anuales de  $9000 \pm 2000$  dólares por concepto de servicios especializados de personal CWI y/o CWS.
- Al menos un 50% de la plantilla completa del personal de soldadura (36 colaboradores) aprueba satisfactoriamente (puntaje mínimo 60/100 puntos) las evaluaciones al finalizar el proceso de capacitación técnica respecto del 25% que aprobara en la evaluación realizada a una muestra equivalente a un tercio de dicha plantilla.
- Al menos un 75% del personal de soldadura forma parte activa del proceso de capacitación técnica al primer año de implementación del proyecto.
- Elaboración de al menos un documento técnico (basado en el código de soldadura AWS D1.1) para control de calidad de soldadura antes del primer año de implementación del proyecto.
- Dentro de un periodo de ocho a 18 meses después de iniciar el proyecto, se cuenta con al menos un técnico certificado como CWI.

Nota. La reducción de costos por reprocesos más el ahorro por servicios especializados sub-contratados evitados se justifica más adelante en la sección 5.10.2.2

### 5.6.2 Seguimiento a la ejecución del proyecto

Para determinar numéricamente el avance del proyecto se ha definido una ponderación para cada actividad dentro de cada componente como se sugiere en la Tabla 24. Es importante diferenciar dos tipos de actividades en esta tabla. Por un lado, se tiene actividades cuyo avance puede expresarse progresivamente (actividades 1.2, 1.3, y 2.1) en particiones apropiadas, mientras que por otro lado existen actividades cuyo avance admite solamente dos valores, o se cumple o no se cumple (actividades 1.1, 3.1, y 3.2).

No obstante lo indicado, en el componente III el autor, a fuerza de ser objetivo y justo con el esfuerzo académico requerido en dicha actividad, ha definido un tercer valor de cumplimiento para la actividad 3.1. Esto se debe a que en caso de no obtenerse la certificación CWI, existe la posibilidad de obtener una certificación de “menor rango” denominada CAWI, siempre y cuando se consiga el puntaje requerido para esta última certificación. El valor definido por el autor en caso de obtenerse solamente la certificación CAWI será de 10%.

**Tabla 24.** Valoración de Avance del Proyecto

<b>Actividades del proyecto</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>COMPONENTE I: Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.</b>	<b>55%</b>
1.1 Realizar un diagnóstico técnico a la plantilla completa (36 colaboradores) del personal de soldadura.	5%
1.2 Diseñar el contenido de la capacitación técnica basado en la estructura modular desarrollado en la sección 5.10.1.4	10%
1.3 Ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.	40%
<b>COMPONENTE II: Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.</b>	<b>5%</b>
2.1 Elaborar, difundir e implementar al menos un documento técnico para inspección de soldadura.	5%
<b>COMPONENTE III: Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS</b>	<b>40%</b>
3.1 Implementar la certificación de un técnico como CWI.	25%
3.2 Implementar la certificación de un técnico como CWS.	15%
<b>Total:</b>	<b>100%</b>

Nota. Ponderación de actividades definida por el autor.

Fuente: Tabla 23. Matriz de Planificación del Proyecto.

Elaborado: El autor.

## 5.7 Supuestos y Riesgos<sup>49</sup>

### 5.7.1 Supuestos

- No existe una reducción sustancial tanto de la demanda (toneladas) de productos soldados, como del precio del acero, de modo que los ingresos netos de la línea de negocio se vean afectados.
- El proceso de capacitación técnica es implementado y replicado en los siguientes dos años.
- La rotación del personal no será superior al 25% de la plantilla inicial, al menos durante tres años una vez iniciado el proyecto.
- El proceso de capacitación técnica es implementado.
- El documento para control de calidad de soldadura es difundido tanto al personal de soldadura como a supervisores de planta.
- No existe rotación del cuerpo técnico seleccionado para el proceso de certificación.
- Los postulantes han aprobado satisfactoriamente los exámenes aplicables a su certificación.
- Se cuenta con al menos un ingeniero de planta certificado como CWI por al menos tres años.
- Las asignaciones monetarias se cumplen en los plazos establecidos.
- No existe rotación del personal de soldadura seleccionado para el proceso.

---

<sup>49</sup> De acuerdo con el PMBOK (2008, p. 310), “el riesgo de un proyecto es un evento o una situación incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad”.

## 5.7.2 Riesgos

**Tabla 25.** Riesgos del Proyecto

Riesgo	Tipo	Alcance	Cronograma	Costo	Calidad	Acción sugerida
Reducción sustancial de las ventas (toneladas) de productos soldados	(-)	X				Posible reajuste del alcance
Reducción sustancial del precio del acero	(-)	X				Posible reajuste del alcance
Rotación del personal de soldadura	(-)	X				Promover incentivos
Rotación de los profesionales certificados	(-)	X				Iniciar el proceso con un nuevo colaborador
Retrasos en las asignaciones monetarias	(-)		X			Ninguna, solo esperar; continua comunicación asertiva
No disponibilidad del instructor a contratar para el proceso de capacitación	(-)		X			Esperar hasta conseguir otro instructor apropiado
Contratación de un instructor de poca experiencia y/o habilidades pedagógicas débiles	(-)				X	Someter el material de estudio a una revisión exhaustiva incluyendo gerentes y mandos medios
Contratación de un instructor más caro	(-)			X		Verificar que el presupuesto general no supere el 110%
El cuerpo técnico seleccionado no alcanza la certificación	(-)	X				Ninguna inmediata
El cuerpo técnico dedica poco tiempo para su preparación, previo al examen de certificación	(-)	X				Solicitar inmediatamente reemplazos temporales en sus cargos
No disponibilidad de la sala de capacitación	(-)		X	X		Aplazar actividades y/o buscar otros sitios fuera de la empresa
Robo o falla de los equipos y materiales requeridos para la componente de capacitación	(-)		X	X		Aplazar actividades y/o contratar los bienes que sean necesarios
Robo de los instrumentos de medición adquiridos	(-)	X				Reemplazar. Verificar que el presupuesto general no supere el 110%
No disponibilidad de instrumentos de medición localmente	(-)		X	X		Esperar hasta conseguir
Selección del equipo técnico apropiado	(+)	X				Promover servicios externos
El proceso de capacitación tiene gran acogida de los funcionarios de la empresa	(+)				X	Incentivar para replicar en otras áreas

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

## 5.8 Presupuesto

Objetivos	Costo	Período (meses)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Componente I: Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.</b>	<b>\$ 24.428,35</b>	<b>\$ 9.337,48</b>	<b>\$ 7.545,44</b>	<b>\$ 7.545,44</b>					
1.1 Realizar un diagnóstico de conocimientos técnicos al personal de soldadura.	\$ 1.792,04	\$ 1.792,04							
1.2 Diseñar e implementar un programa de capacitación técnica para el personal de soldadura.	\$ 22.636,31	\$ 7.545,44	\$ 7.545,44	\$ 7.545,44					
<b>Componente II: Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.</b>	<b>\$ 10.997,47</b>				<b>\$ 10.997,47</b>				
2.1 Elaborar, difundir e implementar al menos un documento técnico para inspección de soldadura.	\$ 10.997,47				\$ 10.997,47				
<b>Componente III: Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.</b>	<b>\$ 11.496,98</b>		<b>\$ 11.496,98</b>						
3.1 Implementar la certificación de un ingeniero como CWI.	\$ 6.474,74		\$ 6.474,74						
3.2 Implementar la certificación de un ingeniero como CWS.	\$ 5.022,24		\$ 5.022,24						
<b>Total:</b>	<b>\$ 46.922,80</b>	<b>\$ 9.337,48</b>	<b>\$ 19.042,42</b>	<b>\$ 7.545,44</b>	<b>\$ 10.997,47</b>				

**Figura 28.** Flujo de Inversiones del Proyecto

Fuente: Tabla 23. Matriz de Planificación del Proyecto.  
Elaborado: El autor.



Adicionalmente, para reforzar la información del cronograma se detalla los recursos del proyecto asignados a cada paquete de trabajo mediante la matriz RACI (Responsible – Accountable – Consulted – Informed), como sigue.

**Tabla 26.** Matriz RACI

Actividad	Recurso				
	Gerente de proyecto	Coordinador de proyecto	Gerente de planta	Jefe de área	Proveedor
<b>1.1 Realizar un diagnóstico de conocimientos técnicos al personal de soldadura</b>					
Buscar y contratar el instructor	A	R	C, I	C, I (T. humano)	-
Contratar alquiler de sala de capacitación	A	R	I	C, I (T. humano)	-
Adquisición de insumos pedagógicos	A	R	I	I	-
Contratar servicio de catering	A	R	I	C, I	-
Citar al personal para la prueba	A	-	C, I	R (T. humano)	-
Preparación y toma de prueba	A	-	I	C, I (T. humano)	R
<b>1.2 Diseñar e implementar un proceso de capacitación técnica para el personal de soldadura</b>					
Buscar y contratar el instructor	A	R	C, I	C, I (T. humano)	-
Contratar alquiler de sala de capacitación	A	R	I	C, I (T. humano)	-
Adquisición de insumos pedagógicos	A	R	I	I	-
Contratar servicio de catering	A	R	I	C, I	-
Diseño del contenido de los módulos	A	-	C, I	-	R
Citar al personal	A	-	C, I	R (T. humano)	-
Dictado de módulos	A	-	I	C, I (T. humano)	R
Informe de resultados del proceso de capacitación	A	-	I	I	R

(Continúa)

Tabla 26. Matriz RACI (continuación)

Actividad	Recurso				
	Gerente de proyecto	Coordinador de proyecto	Gerente de planta	Jefe de área	Proveedor
<b>2.1 Elaborar, difundir e implementar al menos un documento técnico para inspección de soldadura.</b>					
Contratar elaboración de documento técnico	A	R	I	I	-
Elaboración de documento técnico	A	-	I	I	R
Difusión e implementación de documento técnico	-	-	I, A	C, R (Calidad)	-
Adquisición de instrumentos de medición	A	R	C, I	-	-
Adquisición de hornos de eléctricos	A	R	C, I	-	-
Adquisición de cascos de soldar	A	R	C, I	-	-
Efectuar convenio de buen uso de activos según aplique	I	-	A	C, R (T. humano)	-
Entrega de activos según aplique	-	-	I, A	C, R (Calidad)	-
<b>3.1 y 3.2 Implementar la certificación de ingenieros como CWI y CWS</b>					
Inscripción a los respectivos programas CWI y CWS	A	-	I	C, R (T. humano)	I
Asistencia a curso virtual y presencial	-	-	A, I	R (ingenieros)	-
Dar exámenes de certificación	-	-	A, I	R (ingenieros)	-
Comunicar resultados	A	R	I	I (T. humano)	-

Fuente: Empresa de estudio.  
Elaborado: El autor.

## 5.10 Análisis Integral

### 5.10.1 Viabilidad técnica

#### 5.10.1.1 Dimensionamiento

La cantidad total de beneficiarios directos del proyecto respecto a la componente de capacitación es de 36 personas, quienes han sido distribuidos en tres grupos según su categoría como se muestra en la Tabla 27. De acuerdo al espacio físico disponible y experiencias previas del autor (en materia de capacitación técnica) se podría considerar grupos de 10 a 15 personas preferentemente.

Por otro lado, considerando el número de grupos propuestos, la cantidad de participantes, y el tiempo de ejecución del proyecto, se requerirá de un aula. Los requerimientos mínimos del aula incluyen: área de 48 a 60 m<sup>2</sup>, 15 mesas (dimensiones aproximadas: 0.70 x 1.22m x una altura de 0.80 m), 15 sillas cómodas, sistema de proyección de imágenes (proyector más pantalla), pizarra de tinta líquida, climatización, iluminación, un cuarto de baño (junto con sus insumos), entre lo más relevante.

**Tabla 27.** Dimensionamiento-Participantes

Personal	Categoría				Total
	Soldador	Soldador-Operador	Operador	Apuntador	
Equipo completo	3	19	8	6	36
Grupo 1	1	6	3	2	12
Grupo 2	1	6	3	2	12
Grupo 3	1	7	2	2	12

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

#### 5.10.1.2 Localización

La empresa de estudio cuenta con una sala para fines de capacitación y reuniones. Esta sala tiene las siguientes características: área de 144 m<sup>2</sup>, equipada con 30 mesas y 60 sillas giratorias (con regulación de altura), sistema de proyección de imágenes, pizarra de tinta líquida, sistema de audio, climatización, iluminación, y dos cuartos de baño. De acuerdo a los requerimientos establecidos en la sección anterior, esta sala cumpliría como opción para llevar a cabo la componente de capacitación. Por otro lado, considerando la facilidad que brindaría la cercanía para el colaborador para efectos de recibir su capacitación, junto con el costo de oportunidad que representaría alquilar estas instalaciones comparado con hacerlo fuera de la empresa, se justifica la selección de estas instalaciones. El costo de la sala de capacitaciones (totalmente equipada) asciende a 25,00 dólares por hora; valor establecido considerando el total de horas a alquilar.

#### 5.10.1.3 Selección de instructores

Considerando el número de grupos propuestos en la Tabla 27, la cantidad de participantes, y el tiempo de ejecución del proyecto, se requerirá un de instructor, quien además sería contratado para diseñar el contenido de los 12 módulos descritos en la Figura 30, basados en los temas sugeridos en el Anexo I. El material de cada módulo deberá incluir además su(s) respectiva(s) evaluación(es), y/o taller según sea aplicable.

Para seleccionar el perfil del instructor se ha considerado aplicar los requerimientos mínimos expresados en los documentos de la SETEC que llevan por título *Diseño curricular para soldador* para diferentes procesos. En consecuencia, aplicarían cualquiera de las siguientes opciones:

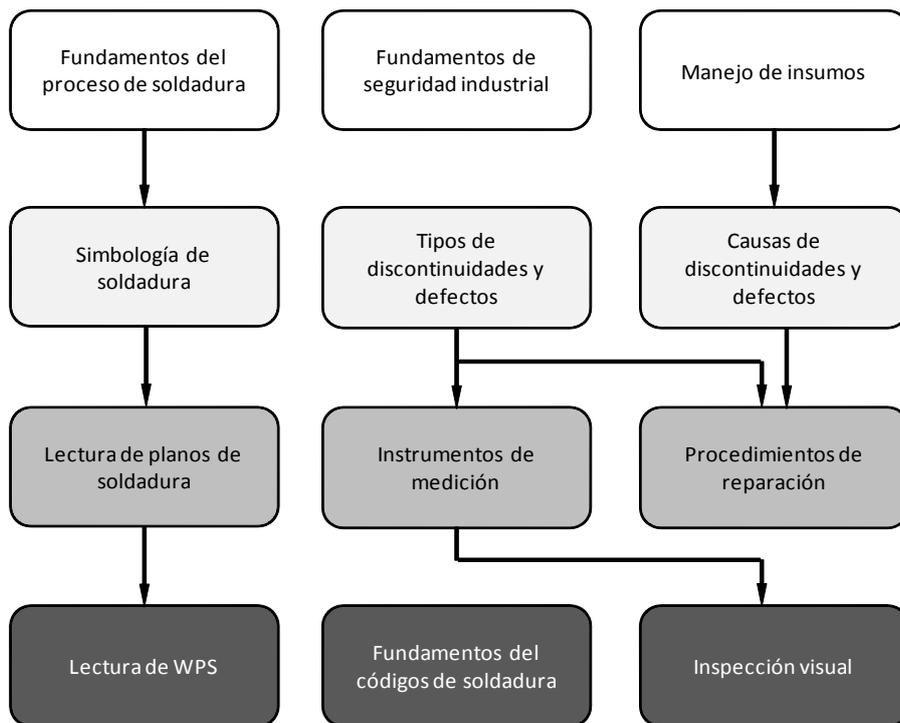
- ingeniero mecánico,
- ingeniero industrial,
- tecnólogo mecánico,
- técnico industrial, ó
- profesionales técnicos con estudios de especialización en soldadura.

Por su parte, el autor se permite recomendar específicamente a profesionales certificados como (a) CWI, ó (b) CWS por ser técnicos debidamente capacitados y entrenados, con un amplio manejo de códigos, estándares y especificaciones de soldadura, entre otros; ver el alcance de sus responsabilidades en Anexo A y Anexo B, respectivamente.

#### **5.10.1.4      *Diseño y ejecución de la capacitación***

El contenido general de la capacitación se resume en la estructura modular mostrada en la Figura 30. Esta estructura aborda los tópicos propuestos en el Capítulo 3 (ver sección 3.2.3), tomando como principal referencia, literatura técnica, y extractos de códigos y estándares de la AWS; La presentación de la información técnica a impartir deberá además estar diseñada de tal manera que garantice una mejor y mayor comprensión por parte de los beneficiarios. Para ello, se sugiere usar como referencia lo expuesto por Colan (2010) como lo muestra la Figura 31. Nótese que el diseño de la estructura modular no tiene como objetivo enseñar a soldar al colaborador, sino proveerlo de criterios técnicos apropiados que finalmente, una vez adquiridos, permita mejorar los resultados en la calidad de la soldadura ejecutada.

El costo de mercado por concepto de diseño de cada módulo es de 60 dólares por hora, y se cuantificará en base al total de horas de los 12 módulos. Por otro lado, el costo por concepto del dictado de los módulos es de 90 dólares por hora. En la Tabla 28 se detalla el balance correspondiente a la ejecución de la capacitación.



**Figura 30.** Estructura Modular para la Componente de Capacitación

Fuente: Literatura de la AWS.  
Elaborado: El autor.

90% de lo que ambos dijimos e hicimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulando y haciendo lo real</li> </ul>
70% de lo que dijimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participando en un debate,</li> <li>• Dando una charla</li> </ul>
50% de lo que escuchamos y vemos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viendo una película,</li> <li>• una exhibición,</li> <li>• Observando una demostración</li> </ul>
30% de lo que vemos	
20% de lo que escuchamos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrucciones</li> </ul>
10% de los que leemos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memos</li> <li>• Libros</li> </ul>

**Figura 31.** Niveles de Retención de la Información

Fuente: Colan (2010)  
Elaborado: El autor.

**Tabla 28.** Balance para Ejecutar la Capacitación

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
1	Alquiler de sala de capacitación equipada 144m <sup>2</sup> <sup>a</sup>	Hora	108	47,16	5093,17
2	Insumos pedagógicos	Global	1	226,36	226,36
3	Dictado de módulos a cargo del instructor	Hora	72	169,77	12223,61
4	Servicio de catering <sup>b</sup>	Porción	504	4,72	2376,81

Nota. El costo total para ejecutar la capacitación asciende a 19919.95 dólares.

<sup>a</sup> Cada uno de los 12 módulos incluidos en la componente se completará en tres sesiones individuales durante una semana. Cada sesión será de dos horas, sin embargo se agregará media hora antes y media hora después de cada sesión por política de alquiler.

<sup>b</sup> Para un total de 42 personas (distribuidas en tres grupos) en 12 módulos.

Elaborado: El autor.

#### 5.10.1.5 Valor agregado de la estructura modular

La estructura modular diseñada para la componente de capacitación del proyecto (ver Figura 30) incluye y enfatiza temas que, al menos en literatura ecuatoriana (en materia de capacitación) no ha sido considerada de manera integral hasta la fecha<sup>50</sup>. Por lo señalado, este diseño evidentemente agrega valor debido a que

- incluye el módulo *lectura de WPS*, considerando que en teoría el WPS es el principal documento de referencia del soldador. Además, el WPS es un documento auditable dentro de un sistema de gestión de calidad; y es común encontrar soldadores que trabajan con parámetros de soldadura diferentes a los indicados en el WPS, lo cual puede ser cuestionable de parte de un auditor o fiscalizador;
- incluye al proceso de soldadura FCAW dentro del módulo *fundamentos del proceso de soldadura*. Dicho proceso es ampliamente utilizado y recomendado para trabajos en obras en campo abierto (fuera de taller);
- incluye el módulo *fundamentos de código de soldadura*, considerando de suma importancia que el soldador también conozca los requerimientos y criterios de los diferentes códigos de soldadura aplicados en su campo de acción;
- introduce al soldador a la *inspección visual* basado en códigos de soldadura;
- introduce al soldador al uso de galgas a través del módulo *instrumentos de medición*; y
- enfatiza en adecuados procedimientos de reparación según el tipo de defecto encontrado.

#### 5.10.1.6 Diagnóstico técnico

Para este proyecto se diseñó una evaluación técnica teórica de 33 preguntas (disponible en el Anexo F). Este documento está valorado por el autor en 282.95 dólares. Otros costos asociados a esta actividad se recogen en el siguiente balance.

<sup>50</sup> En materia de capacitación en soldadura existen al menos dos enfoques claramente diferentes: el americano, y el europeo. El enfoque americano se basa en códigos específicos (como por ejemplo AWS, API, ASME), mientras que el enfoque europeo o ISO, se basa en procesos de soldadura específicos (como por ejemplo SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, SAW), y no enfatiza en códigos y/o normas. El material de la SETEC constituye un ejemplo del segundo caso.

**Tabla 29.** Balance Diagnóstico Técnico

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
1	Elaboración de prueba	Global	1	282,95	282,95
2	Toma de la prueba a cargo del instructor <sup>a</sup>	Hora	6	141,48	848,86
3	Insumos pedagógicos para tomar la prueba	Global	1	37,73	37,73
4	Alquiler de sala de capacitación equipada 144m2 <sup>b</sup>	Hora	9	47,16	424,43
5	Servicio de catering <sup>c</sup>	Porción	42	4,72	198,07

Nota. El costo total para llevar a cabo el diagnóstico técnico asciende a 1792.04 dólares.

<sup>a</sup> Se efectuará en tres sesiones. Cada sesión será de dos horas.

<sup>b</sup> El diagnóstico técnico se completará en tres sesiones individuales durante una semana. Cada sesión será de dos horas, sin embargo se agregará media hora antes y media hora después de cada sesión por política de alquiler.

<sup>c</sup> Para un total de 42 personas (distribuidas en tres grupos) en tres sesiones.

Elaborado: El autor.

### 5.10.1.7 Adquisición de activos

Principalmente se requiere de un documento de consulta para las labores de control de calidad de soldadura. El diseño y elaboración de este activo estaría a cargo de un inspector de soldadura certificado, y su contenido deberá estar basado en el código de soldadura AWS D1.1; un título apropiado para este activo sería “Especificaciones para el control de calidad de soldadura”.

Una característica importante en este documento, es que sea de fácil comprensión y aplicación para el personal de soldadura. Por ello, se sugiere “tropicalizar” la literatura original tal como lo plantea Jarrín (2010); esto es, utilizando un lenguaje sencillo, adaptar en la medida de lo posible, el contenido a las necesidades específicas de la actividad de la empresa. El costo de este documento está estimado en 660.23 dólares.

Por otro lado, se ha considerado necesario la adquisición otros bienes que contribuirían al objetivo del proyecto. Los bienes a adquirir son:

**Instrumentos de medición.** La gestión del personal de soldadura se complementa con la inspección visual de la soldadura ejecutada. Para ello se requiere de una dotación apropiada de instrumentos de medición de acuerdo con la cantidad de personal. La cantidad de instrumentos detallada en la Tabla 30 pretende completar la dotación actual según evidencia del autor.

**Hornos eléctricos.** De acuerdo con la AWS los insumos de soldadura deben estar en óptimas condiciones antes de ser utilizados. Un accesorio útil para adecuar ciertos insumos siempre que sea necesario es el horno. Este puede ser aplicado tanto para electrodos en proceso SMAW, como para fundente en proceso SAW (ver Tabla 31).

**Equipos de protección personal.** Se recomienda la adquisición de cascos de soldar fotosensible para dar mayor continuidad al trabajo, reduciendo el tiempo innecesario de detención y reanudación de la soldadura. Además, contribuyen a disminuir la posibilidad de tensión y fatiga en el cuello del soldador, al mismo tiempo que son equipos más seguros que los cascos convencionales en cuanto a la protección contra la luz ultravioleta y los rayos infrarrojos. Por otro lado, esta implementación aportaría motivación al equipo de soldadores de planta según conversaciones con el grupo focal (ver Tabla 32).

**Tabla 30.** Dotación de Galgas de Soldadura

Ítem	Descripción	Aplicación	Cant.	Costo Unitario	Costo Parcial	Vida útil <sup>a</sup> (años)
1	Galga automática	Medición de tamaño de pierna, refuerzo, convexidad, concavidad	4	122,61	490,45	1
2	Galga para filetes	Comprobar tamaños de soldadura cóncavos o convexos.	4	141,48	565,91	2
3	Galga V-WAC	Medición de profundidad de socavadura, porosidad	4	122,61	490,45	1.5
4	Galga <i>Bridge Cam</i>	Medición de ángulo de bisel, profundidad de socavadura, refuerzo	2	358,41	716,82	2

Nota. Costo total asciende a 2263.63 dólares.

<sup>a</sup> Estimada en base a comportamiento histórico de los últimos 3 años dentro de la empresa de estudio.

Fuente: Costos, *E&E Equipment* (Quito).

Elaborado: El autor.

**Tabla 31.** Balance de Accesorios Adicionales

Ítem	Descripción	Cant.	Costo Unitario	Costo Parcial	Vida útil <sup>a</sup> (años)
1	Horno eléctrico para secado de electrodos capacidad 4.5 Kg	4	396,14	1584,54	10
2	Horno eléctrico para secado de fundente granular para soldadura de arco sumergido, bóveda interior 600x400x250 mm	2	697,95	1395,91	10

Nota. Costo total asciende a 2980.45 dólares.

<sup>a</sup> Vida útil de acuerdo a recomendaciones del fabricante.

Elaborado: El autor.

**Tabla 32.** Balance de EPP Adicional

Ítem	Descripción	Cant.	Costo unitario	Costo Parcial	Vida útil <sup>a</sup> (años)
1	Casco de soldar fotosensible de acuerdo a normas DIN e ISO.	36	282,95	10186,34	5

Nota. Costo total asciende a 10186.34 dólares.

<sup>a</sup> Vida útil estimada en base a hoja técnica.

<sup>b</sup> Los cascos fotosensibles se fabrican en dos sistemas, sea de batería ó de energía solar (más costoso). La batería tiene una vida entre 2000 y 3000 horas.

<sup>c</sup> La guía de selección de sombra de cada casco depende del proceso de soldadura y el amperaje aplicado, por lo cual se deberá investigar previamente este y otros factores antes de concretar esta adquisición.

<sup>d</sup> En caso de incluir esta adquisición se recomendaría aplicar un “convenio 50-50”, es decir que el beneficiario cubra el 50% del costo del casco, para de alguna manera promover una mayor atención al cuidado de dicho bien.

Fuente: Las notas *b* y *c* tomadas de De máquinas y herramientas (2014).

Elaborado: El autor.

**Tabla 33.** Balance de Activos

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Elaboración de documento técnico	Global	1	660,23	660,23
2	Completar dotación de instrumentos de medición para labores de control de calidad de la soldadura.	Global	1	2263,63	2263,63
3	Adquisición de hornos eléctricos	Global	1	2980,45	2980,45
4	Adquisición de cascos de soldar	Global	1	5093,17	5093,17

Nota. El costo total para llevar a cabo el diagnóstico técnico asciende a 10997.47 dólares.

Elaborado: El autor.

### 5.10.1.8 *Certificación de equipo técnico*

Al menos dos técnicos serán seleccionados para certificarse<sup>51</sup>. Uno de ellos será escogido del área de calidad para aplicar al CWI (Inspector de soldadura certificado), mientras que el otro técnico será escogido del área de producción para el CWS (Supervisor de soldadura certificado). El programa de certificación CWI es seleccionado por su enfoque al mejoramiento de la calidad, además de su relevancia dentro de la construcción con acero en el país, mientras que el programa de certificación CWS es seleccionado por su enfoque al mejoramiento de la productividad.

Para la selección del personal se recomienda ponderar aspectos tales como: experiencia, perfil profesional, antigüedad en la empresa actual. La selección de los técnicos será responsabilidad de la gerencia de planta y el departamento de talento humano, quienes además deberán garantizar los mecanismos pertinentes para una satisfactoria aprobación de los programas y evitar la “fuga de cerebros”. Los costos asociados con esta componente se muestran a continuación.

**Tabla 34.** Balance de Certificación de Equipo Técnico

ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Programa de entrenamiento CWI-AWS. Incluye aplicación a exámenes y en caso de aprobar, la respectiva entrega de documentos de certificación.	Global	1	5225,21	5225,21
2	Costo de la ausencia del aspirante por una semana	Hora	40	31,24	1249,52
3	Programa de entrenamiento CWS-AWS. Incluye aplicación a exámenes y en caso de aprobar, la respectiva entrega de documentos de certificación.	Global	1	3772,72	3772,72
4	Costo de la ausencia del aspirante por una semana	Hora	40	31,24	1249,52

Nota. El costo total de la propuesta asciende aproximadamente a 11496.98 dólares.

Fuente: CETI-INDURA, The Linde Group.

Elaborado: El autor.

<sup>51</sup> Tanto para la certificación CWI como CWS no es un requisito estar titulado como ingeniero. Para mayor información sobre requisitos para aplicar a alguna de estas certificaciones profesionales visitar [www.aws.org](http://www.aws.org)

### **5.10.1.9** *Equipo de proyecto*

El equipo de proyecto estaría conformado por personal directo y personal de soporte. A su vez, el personal directo estaría conformado por profesionales dedicados al proyecto de manera parcial (contratado por horas). Por otro lado, el personal de soporte estaría conformado principalmente por los jefes de las áreas calidad, producción, mantenimiento, ingeniería, talento humano, entre otros. Los jefes de áreas intervendrían antes, durante y después de la implementación del proyecto según como sea solicitado por el gerente del proyecto para proporcionar información puntual y/o participar de la comunicación de avance del proyecto.

**Gerente de proyecto.** Responsable general de la gestión del proyecto mediante el cumplimiento de las actividades señaladas en el plan de trabajo, y de otras actividades que a su criterio estime apropiado incluir y/o modificar para garantizar los objetivos del proyecto en el tiempo planeado alcanzando o superando los requisitos de calidad establecidos.

El gerente del proyecto deberá acreditar formación profesional en gestión de proyectos y de preferencia pregrado en carreras técnicas de ingeniería mecánica o industrial con experiencia en el ámbito metalmecánico. El costo mínimo de los honorarios para un profesional con este tipo de perfil es de 28,86 dólares por hora sin relación de dependencia a la empresa de estudio.

**Coordinador de proyecto.** Asistente general del gerente de proyecto especialmente en el procesamiento de datos y presentación de información, así como la inspección en sitio de la conformidad de la construcción de productos soldados durante una jornada de trabajo de ocho horas.

El coordinador del proyecto deberá poseer pregrado en carreras técnicas de ingeniería mecánica o industrial de preferencia con experiencia en el ámbito metalmecánico. El costo de los honorarios para un profesional con este tipo de perfil está en torno a los 10,01 dólares por hora sin relación de dependencia a la empresa de estudio.

**Personal de soporte.** Profesionales jefes de área pertenecientes a la empresa de estudio. Responsables de participar activamente con sus opiniones, comentarios, criterios, recomendaciones, suministro de información, etc., cuando así sea solicitado por el gerente de proyecto.

**Otro personal de soporte.** Representado por expertos, consultores, y profesionales en general que eventualmente pueden contribuir durante la ejecución del proyecto, cuando así sea requerido por el gerente de proyecto.

## **5.10.2 Viabilidad económica**

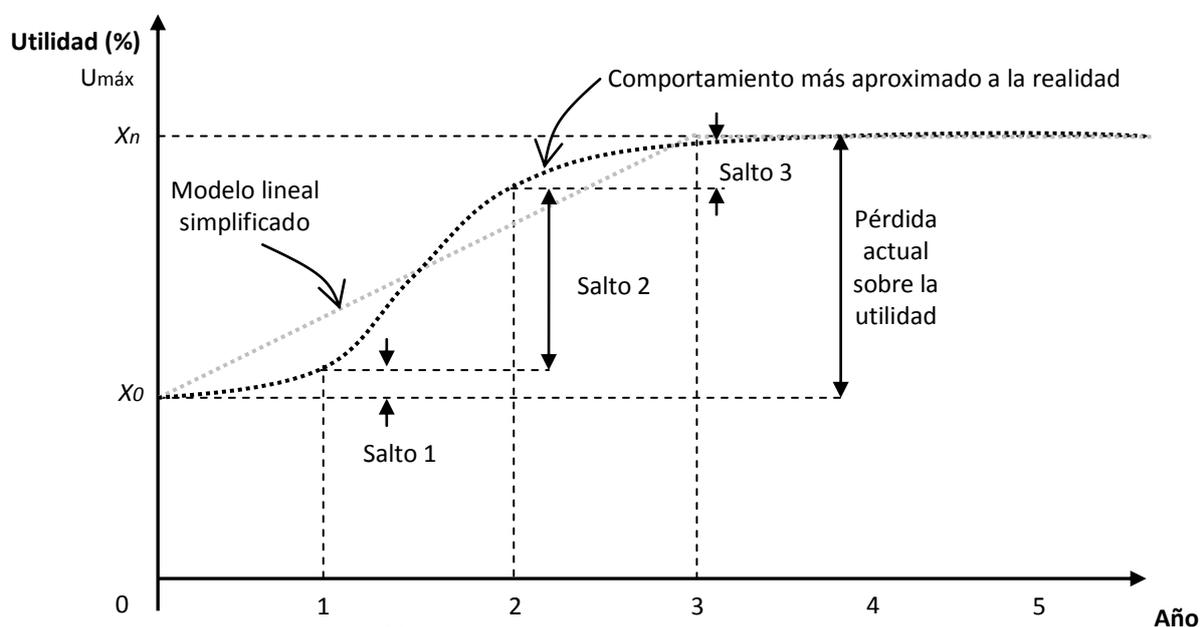
### **5.10.2.1** *Metodologías utilizadas para el cálculo de ingresos*

Debido a que el proyecto planteado no es del tipo productivo, no se declaran ingresos monetarios como parte de su implementación, por lo cual, el análisis que sigue se basa en lo económico.

### 5.10.2.2 Metodologías utilizadas para el cálculo de beneficios

**Reprocesos evitados.** Los reprocesos evitados podrían ser expresados en al menos dos maneras: (a) en términos del número de no conformidades, o (b) en términos monetarios, ambos evaluados en un mismo periodo de tiempo. Mediante un análisis apropiado es posible estimar una relación numérica entre ambos enfoques. A continuación se ofrece un análisis en base al segundo enfoque.

Con la implementación del proyecto se esperaría una disminución de las pérdidas monetarias causadas por los recurrentes reprocesos que se originan en la línea de productos soldados. La Figura 32 sugiere que al primer año de implementarse el proyecto esta disminución no sería tan significativa (salto 1), básicamente porque se estaría rompiendo la inercia. Más adelante, del primer al segundo año, esta disminución sería más relevante (salto 2) debido a que el personal de soldadura habría asimilado los conocimientos técnicos adquiridos y los aplicaría de manera eficaz. Sin embargo, hacia el tercer año, que de acuerdo con el autor resultaría ser un tiempo prudente y razonable, la disminución nuevamente sería poco significativa (salto 3) debido a que se estaría llegando a un punto de equilibrio tal como se indicó en la sección 2.5.3. De acuerdo con Harrington (1990), en la vida real el comportamiento de los costos resultantes de las empresas es tal que no es posible alcanzar el tope máximo de utilidad  $U_{máx}$  para la línea de negocio debido a una serie de factores (ver Anexo D).



**Figura 32.** Modelo de Disminución de Pérdidas con Proyecto

Elaborado: El autor.

Actualmente, las pérdidas monetarias anuales (debidas a reprocesos solamente) de la empresa ascienden a 250 mil dólares en promedio. Con la implementación del proyecto se esperaría llegar a reducir dicho monto hasta un 40% en tres años, de la siguiente manera:

- hoy (sin proyecto): reducción del 0%;
- primer año: reducción del 6%;
- segundo año: reducción del 26%; y
- a partir del tercer año: reducción del 40%.

**Servicios sub contratados evitados.** Una vez cumplidos los programas de certificación (alrededor de ocho meses), la empresa contaría con un inspector de soldadura y un supervisor de soldadura certificados quienes con los conocimientos y licencias adquiridos evitarían a la empresa sub contratar servicios tales como los que se muestran en la Tabla 35, a partir de la cual se determina que los costos que se dejarían de sub contratar están entre los 7000 a 11000 dólares por año.

**Tabla 35.** Servicios Sub Contratados Evitados

Ítem	Descripción	Rango de costos unitarios de mercado (USD) <sup>a</sup>	Frecuencia	Cantidad requerida
1	Calificación de apuntaladores	100 a 150	Anual	5
2	Calificación de soldadores, operadores de soldadura	200 a 350	Anual	5
3	Elaboración de WPS (Especificación de procedimiento de soldadura) precalificado	100 a 150	Anual	2
4	Elaboración de WPS (Especificación de procedimiento de soldadura). Nota: Llevado a cabo por un SCWI.	1200 a 1500	Anual	1
5	Capacitación de personal de soldadura. Incluyendo: Evaluación, taller, y entrega de material de apoyo. Grupos de 10 a 15 participantes. Sesión típica de 2 horas. Total: 30 horas hombre.	300 a 500	Anual	10
6	Diseño e implementación de proyectos para el mejoramiento de la productividad.	1500 a 3500	Bi anual	1

Nota.

<sup>a</sup> Valores de mercados a fecha de 2015.

Fuente: Empresa de estudio.

Elaborado: El autor.

### 5.10.2.3 Identificación y valoración de la inversión total

El presupuesto incluye los recursos necesarios para llevar a cabo los componentes del proyecto junto con los honorarios del equipo de proyecto tal como se recoge a continuación.

**Tabla 36.** Inversión por Componentes

Rubro	Costo Parcial
Componente I: Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.	\$ 24428,35
Componente II: Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.	\$ 10.997,47
Componente III: Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.	\$ 11.496,98
<b>Costo Total:</b>	<b>\$ 46.922,80</b>

Fuente: Matriz de planificación del proyecto.

Elaborado: El autor.

#### 5.10.2.4 *Flujos económicos*

A partir del presupuesto (Figura 28) y el cronograma de ejecución del proyecto (Figura 29), se establece el flujo económico del proyecto como se muestra a continuación:

Rubro	Período (años)					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros por reprocesos evitados		\$ 15.000	\$ 65.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000
Ahorros por servicios subcontratados evitados		\$ 9.000	\$ 9.000	\$ 9.000	\$ 9.000	\$ 9.000
Componente I: Diseño y ejecución de capacitación técnica para el personal de soldadura.	\$ -24.428					
Componente II: Diseño, difusión e implementación de documentación técnica para las labores de control de calidad de la soldadura.	\$ -10.997					
Componente III: Conformación de un equipo técnico de planta certificado por la AWS.	\$ -11.497					
<b>Flujo:</b>	<b>\$ -46.923</b>	<b>\$ 24.000</b>	<b>\$ 74.000</b>	<b>\$ 109.000</b>	<b>\$ 109.000</b>	<b>\$ 109.000</b>

**Figura 33.** Flujo Económico por Componentes

Fuente: Estudio técnico del proyecto.

Elaborado: El autor.

#### 5.10.2.5 *Indicadores económicos*

Los indicadores económicos muestran que el proyecto es rentable. La tasa interna de retorno es superior a la tasa de descuento del 12%, y el valor actual neto del flujo es positivo. No obstante, es importante declarar que los beneficios reales del proyecto no se pueden cuantificar con precisión. Los indicadores económicos calculados se resumen en la Tabla 37.

La tasa de descuento fue seleccionada en base a los valores de tasas de interés publicados por el Banco Central del Ecuador. Para el segmento *productivo empresarial*, la tasa está en el rango de 8.67 a 10.21% (BCE, 2016). No obstante, considerando que “la tasa de descuento debe escogerse en base al riesgo de la empresa que se vaya a analizar<sup>52</sup>” (Lodeiro, 2013), se decidió que el valor final esté dos puntos más arriba del límite superior.

**Tabla 37.** Indicadores Económicos del Proyecto

Indicador	Abreviatura	Valor	Unidad
Valor actual neto económico	VANe	265353	USD
Tasa interna de retorno económico <sup>53</sup>	TIRe	112	%

Elaborado: El autor.

<sup>52</sup> Según se recomienda en el sitio web [www.academiadeinversion.com](http://www.academiadeinversion.com)

<sup>53</sup> No obstante el indicador TIR es calculado; de acuerdo con el autor Sapag (2007), “la TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación por tres razones principales”, entre las que se destaca el hecho de que “una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada”.

### **5.10.3 Análisis de impacto ambiental**

La ejecución de las actividades definidas para cada componente del proyecto descrito en este documento no implica ninguna afectación al medio ambiente, ya sea directa o indirectamente, por lo cual no se requiere la elaboración de un estudio de impacto ambiental.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

#### 6.1.1 Conclusiones acerca del trabajo de titulación

- Este trabajo propone un proyecto técnicamente factible, de ejecución relativamente rápida, y con una inversión de apenas un 20% de sus pérdidas monetarias anuales, con el cual se contribuiría a reducir sustancialmente reprocesos en empresas metalmecánicas dedicadas a la fabricación de productos soldados.
- Para ello, el problema central fue abordado mediante la Metodología de Marco Lógico, encontrando particularmente que los resultados del árbol de problemas coinciden muy de cerca con los resultados de otros trabajos similares utilizando otras metodologías (ver sección 2.5.6). Además, los resultados obtenidos a través de técnicas exploratorias fueron determinantes en el proceso de determinar la causa raíz del problema central, debido a los abundantes datos de calidad recolectados. Se encontró que la información obtenida a través de estas técnicas (grupo focal y entrevista a expertos) mantiene ciertas diferencias que en la práctica se complementan positivamente para dar por resultado un análisis lo suficientemente íntegro y ético; de la manera como fue abordado el problema central, provee elementos interesantes para plantear proyectos o planes de mejora posteriores. De hecho, con base en los resultados se podría decir que existe un desafío o una oportunidad importante en el mejoramiento de la gestión del talento humano en cuanto a selección, evaluación, promoción, y desarrollo de la mano de obra, al menos del área de soldadura. Actualmente, de la manera como se están dando las cosas, dicha gestión no apoyaría los objetivos que persigue el proyecto propuesto. Por otro lado, considerando los resultados de la evaluación técnica efectuada al personal de soldadura, quedaría de alguna manera comprobado los limitados conocimientos técnicos teóricos de acuerdo con el instrumento de medición utilizado.
- Es importante señalar que algunas actividades formuladas para los medios identificados en el árbol de objetivos (ver Tabla 20), no forman parte de la alternativa seleccionada como solución del problema, debido a que estarían fuera del ámbito de acción del proponente del proyecto. Por lo anterior, el proyecto se enfoca principalmente en el mejoramiento de los conocimientos técnicos del personal operativo; específicamente, se encontraron actividades que bien representarían nuevos proyectos para los departamentos de talento humano y de mantenimiento.
- Por último, indicar que el análisis integral del proyecto confirma tanto su viabilidad técnica como económica. Referente a lo técnico, el país cuenta con la tecnología, personal calificado, y otros recursos para lograr las componentes del proyecto cumpliendo con los requerimientos de tiempo, costo, y calidad, previstos. En lo económico, los beneficios esperados son bastante atractivos, y los indicadores muestran que el proyecto es rentable.

### 6.1.2 Otras conclusiones y comentarios

- El proyecto propuesto es coherente con algunos objetivos definidos en el *plan estratégico* de la empresa de estudio como se revisó en la sección 1.4. Sin embargo, el autor sostiene que en Ecuador, buena parte de las empresas, al menos del sector metalmeccánico, estos activos suelen ser “saludos a la bandera” al momento de llevarlos a la práctica, debido a que las prioridades de los gerentes entre un departamento y otro, suelen ser diferentes; además de deficiencias propias en el diseño del plan, entre otras razones.
- Así mismo, se evidenció que la mayoría de las empresas (no solo del sector metalmeccánico) en su afán de ser más “competitivas” optan por “soluciones” más sencillas como por ejemplo no capacitar a su personal, no implementar un sistema de calidad como se debe, disminuir los beneficios a su personal (que resulta ser uno de los más recurrentes), entre otros. Esta situación genera un círculo vicioso dentro de las empresas, transfiriendo las ineficiencias de un departamento a otro.
- Por otro lado, como parte del proceso de levantamiento de información, se encontró que, tanto en la empresa de estudio como en un par de empresas más (incluidas en el Anexo K. Empresas Metalmeccánicas de Ecuador) no es común hablar de las pérdidas monetarias de las empresas, peor si estas provienen por una calidad (gestión) deficiente, lo que confirmaría lo sostenido por el autor Harrington (1990). Paradójicamente, esta práctica parecería hasta cierto punto comprensible debido a que este tipo de información podría ser mal utilizada por terceros para afectar a la misma empresa, entre otras explicaciones. En este sentido, se podría decir que la cultura de la calidad es un desafío para el país.
- Adicionalmente, mencionar que desde principios del siglo XX ha existido la idea generalizada que invertir en calidad resulta caro, pese a que desde mediados del mismo siglo, mediante estudios e investigaciones impulsados principalmente en Japón, se empezó a demostrar una cadena de beneficios resultante de invertir en calidad. De hecho, extensa literatura cita los testimonios de empresarios que dan fe de los resultados favorables conseguidos mediante la inversión en calidad; probablemente, por esta razón sea común hasta la actualidad que haya resistencia por parte de los gerentes y empresarios al momento de pensar en invertir en calidad, refiriéndonos al menos al caso de Ecuador.
- No obstante, al final del día el producto soldado fabricado en Ecuador cumple, y en algunos casos excede los requisitos técnicos establecidos en códigos y normas internacionales y/o locales; siendo por lo tanto un producto de calidad. Sin embargo, la realidad es que durante el proceso de fabricación se desperdician recursos que no son debidamente contabilizados, llevando a pensar que los costos asociados no son relevantes, comparados con los ingresos netos del negocio, o lo que es peor aún, adoptar una actitud pasiva frente a tal situación.
- Por lo anterior, se podría inferir que el producto soldado ecuatoriano es más caro, debido al desconocimiento y/o aplicación inapropiada de códigos y demás normativas de soldadura; esta situación es una oportunidad y un desafío para varios sectores, entre ellos, la educación superior. Por ejemplo, actualmente en Ecuador el estudiante de pregrado utiliza como bibliografía de apoyo, “apuntes de clase” y “copias de libros”, a

diferencia del estudiante americano, quien utiliza códigos y normativas, reales y actualizados.

## 6.2 Recomendaciones

### 6.2.1 Recomendaciones aplicadas al proyecto

- **Acciones paralelas.** El proyecto propuesto constituye un paso claro y concreto dirigido al mejoramiento de la calidad. Sin embargo, para mejorar la calidad (y no solo en la empresa de estudio) se requiere trabajar en otras actividades que garanticen un mejoramiento sostenible tales como
  - monitorear en intervalos apropiados el desenvolvimiento técnico de los colaboradores capacitados (y de ser el caso, llevar registros);
  - en base al punto anterior, evaluar la necesidad de proveer una re inducción en los módulos impartidos, incorporando la retroalimentación del personal; lo que podría incluir el reforzamiento de los temas que sean necesarios, o en su defecto algún tipo de actualización;
  - llevar registros de las evaluaciones técnicas del personal;
  - llevar registros de las no conformidades, y evaluar su comportamiento en el tiempo; y
  - llevar registros de los costos asociados a los reprocesos, tratando de ser lo más minucioso posible (considerar los rubros detallados en la sección 1.3) hasta donde sea practicable; entre otros.
- **Métricas adecuadas.** Para efectos del registro de no conformidades y sus costos, se recomienda usar la menor cantidad de métricas posibles; tomando en cuenta que estas deberían ser coherentes con
  - las necesidades del cliente,
  - su relevancia sobre los costos de producción,
  - el número de personal de inspección disponible,
  - su posterior utilidad para la toma de decisiones en los mandos pertinentes (por ejemplo: mandos medios, gerencias),
  - la madurez de la cultura organizacional, y
  - la habilidad del personal operativo para llevar registros, entre otros.
- **Inclusión de nuevos indicadores.** Debido a que la línea base de la problemática versa en los reprocesos originados por no conformidades detectadas por el cliente (errores externos), se sugiere registrar los reprocesos internos para analizar y evaluar su comportamiento en caso que el proyecto sea implementado.
- **Promoción interna.** Como parte de la gestión del gerente de proyecto, se debería promocionar y divulgar el avance y detalles pertinentes de las actividades del proyecto. Para ello, se podría utilizar canales de comunicación gratuitos y de gran impacto, tales como redes sociales, carteleras internas, entre otros.

### 6.2.2 Recomendaciones académicas

- **Ampliación del tema estudiado.** Para complementar el estudio del tema central tratado en este trabajo de titulación, se recomienda abordar el mejoramiento de la productividad en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmeccánico del país.
- **Diseño macro curricular.** El proyecto propuesto en este trabajo de titulación supone en su ejecución, el diseño del contenido de la estructura modular de la Figura 30; se plantea la necesidad de desarrollar dicho contenido, el cual está fuera del alcance de este trabajo. En el Anexo I se sugieren algunos temas como referencia.
- **Entrenamiento en soldadura.** De igual manera, pensando en otros potenciales usuarios, se plantea la necesidad de desarrollar un contenido apropiado para un proceso de entrenamiento en soldadura dirigido para un proceso, nivel, y aplicación específicos.
- **Intervención de la academia.** El autor considera que en Ecuador la academia debería intervenir como nexo con la empresa privada para “vender” la necesidad de invertir en calidad. Al respecto, se recuerda las palabras del profesor Antonio Quezada en el marco de la celebración de la acreditación AACSB de la ESPAE (noviembre, 2015), sosteniendo que *“los académicos de la ESPAE tienen que no solamente escribir artículos indexados para revistas indexadas. Tienen que referirse a esos temas importantes, trascendentales que nosotros ya damos por sentado”*; actualmente en ESPAE no existe literatura relacionada con el mejoramiento de la calidad.

### 6.2.3 Recomendaciones políticas

- **Aplicación potencial.** La estructura modular desarrollada para este trabajo de titulación (ver 5.10.1.4 y 5.10.1.5) podría ser considerada como una referencia apropiada para una futura actualización de la documentación técnica levantada por la SETEC.

### 6.2.4 Otras recomendaciones

- **Plan de capacitación.** Se considera que el plan de capacitación anual de la empresa de estudio, al menos en lo que respecta al personal operativo de la planta de la costa, debería ser rediseñado o mejorado básicamente debido a que
  - los temas seleccionados no son pertinentes a las necesidades técnicas del colaborador, y
  - el personal no es evaluado adecuadamente.
- **Selección del personal.** Se considera que el proceso de selección del personal, al menos en lo que respecta al personal operativo de la planta de la costa, debería ser rediseñado o mejorado básicamente porque
  - se selecciona personal con bachilleratos y especializaciones ajenas a la soldadura; y
  - algunos colaboradores recién contratados ingresan a la empresa percibiendo igual o mayores ingresos que el personal más antiguo, situación que aunque en algunos casos podría estar justificada, no es asimilada apropiadamente por todos, generando desmotivación.
- **Sistema de incentivos.** En base al punto anterior, se debería rediseñar un sistema de incentivos coherente con (a) la experiencia probada (no simplemente documentada), y (b) la antigüedad del colaborador. Este sistema debería reunir características tales como

- ser claro y concreto para el entendimiento del colaborador;
  - ser de fácil acceso para su consulta;
  - establecer reglas, límites, y porcentajes justos;
  - estar atado a los resultados de evaluaciones técnicas oficiales (entre otro tipo de evaluaciones); y
  - estar atado al desenvolvimiento técnico del personal, entre otros.
- **Mantenimiento.** Garantizar continuamente la disponibilidad de equipos operativos. No se está tratando de decir que la empresa de estudio no provee mantenimiento a sus equipos de soldadura, sino simplemente que, al parecer la gestión no ha sido eficaz. En ese sentido lo que se recomienda puntualmente es implementar una gestión sencilla y concreta que evite (a) el procesamiento de gran cantidad de datos, y (b) la generación de registros e indicadores innecesarios.
- **Disciplina.** El gerente general de la empresa de estudio debería promover a través de sus gerentes de planta, disciplina en la generación, difusión, promoción, y aplicación de la información técnica generada en cada una de las plantas de producción. Al respecto, el autor no evidencia una adecuada gestión de la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Welding Society (2000). Documentos que gobiernan la inspección y calificación de soldadura. En *Tecnología de inspección de soldadura* (págs. 5-5 a 5-9). Miami, USA: Autor.
- American Welding Society (2001). *AWS A3.0, Standard Welding Terms and Definitions*. USA: AWS.
- American Welding Society (2013). *AWS B5.1 Amendment 2014, Specification for the Qualification of Welding Inspectors*. USA: AWS.
- American Welding Society (2006). *AWS B5.9, Specification for the Qualification of Welding Supervisors*. USA: AWS.
- American Welding Society (2010). *AWS D1.1, Código de soldadura estructural-Acero*. USA: AWS.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (2008). Enfoque basado en procesos. En *UNE-EN ISO 9001, Sistemas de gestión de la calidad* (pág. 9). Madrid, España: Autor.
- Banco Central del Ecuador (noviembre, 2016). *Tasas de interés efectivas vigentes*. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Barckhoff, J. (1982). *Step up welding productivity through management control*. USA: Progressive railroading.
- Barckhoff, J. (1986). *Smart managers eliminate scrap*. USA: Welding Design & Fabrication.
- Colan, L. (2010). La necesidad de dominio. En *Desempeño en tiempos difíciles* (págs. 85-87). México: Mc Graw Hill.
- Comisión de la Comunidad Andina (\_\_\_\_). *Decisión 562: Directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los Países Miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario*. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/DECISION-562.pdf>
- Cuatresacas, L. (2010). *Los costos de la calidad y de la no calidad*. Inqualita. Recuperado de <http://www.inqualitas.net/articulos/898costosdelacalidadydelanocalidad>

- Davis, A. (octubre, 2013). *Comprendiendo los estándares AWS*. USA: AWS Welding Journal en español.
- De máquinas y herramientas. (Febrero, 2014). *Máscaras fotosensibles para soldadura*. Recuperado de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/mascaras-fotosensibles-para-soldadura>
- De Moura, E. (\_\_\_\_). *E360 Champion: Liderando hacia la excelencia*. Brasil: Qualiplus Consultoría.
- El Comercio, Diario (mayo, 2015). El sector metalmecánico quiere llegar al medio oriente. En *Suplemento comercial*. Quito, Ecuador: Autor.
- Harrington, H. (1990). *El coste de la mala calidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/104004/Gestion\\_de\\_la\\_calidad\\_en\\_el\\_proyecto\\_2015/EL\\_COSTE\\_DE\\_LA\\_MALA\\_CALIDAD.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/104004/Gestion_de_la_calidad_en_el_proyecto_2015/EL_COSTE_DE_LA_MALA_CALIDAD.pdf)
- Hernández, E. (2006). *Metodología de la investigación. Cómo escribir una tesis*. Escuela Nacional de Salud Pública. Recuperado de [http://files.sld.cu/rehabilitacion/files/2010/09/como\\_escribir\\_tesis-06.pdf](http://files.sld.cu/rehabilitacion/files/2010/09/como_escribir_tesis-06.pdf)
- Hufsey, J. (2003). *Welding supervisor training and certificate: Final report*. Miami, USA: AWS. Recuperado de [https://app.aws.org/research/weld\\_sup\\_trng.pdf](https://app.aws.org/research/weld_sup_trng.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2012). Metalmecánica. En *Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas* (pág. 7). Quito, Ecuador: Autor.
- Jarrín, J. (2010). *Tropicalizando estándares*. Quito: PMI capítulo Ecuador. Recuperado de <http://pmiecuador.org/>
- Lodeiro, J. (2013). *¿Qué tasa de descuento aplicar en las valoraciones de acciones?* Recuperado de <http://www.academiadeinversion.com/que-tasa-de-descuento-aplicar-en-las-valoraciones-de-acciones/>
- Malhotra, N. (2008). Entrevistas con expertos en el sector. En *Investigación de mercados* (págs. 40, 41). México: Pearson Educación.
- Malhotra, N. (2008). Diseño de la investigación. En *Investigación de mercados* (pág. 79). México: Pearson Educación.
- Malhotra, N. (2008). Técnicas de muestreo no probabilístico. En *Investigación de mercados* (pág. 341-345). México: Pearson Educación.
- McIntosh, J. (julio, 2015). *Usando juegos para impulsar el involucramiento en clases*. USA: AWS Welding Journal en español.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). *Estructuras de acero*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

- Ordoñez, J. (\_\_\_\_). *Estandarización de procesos de soldadura para mejorar la competitividad*. Colombia: Revista electrónica Metalmecánica. Recuperado de <http://www.metalactual.com>
- Peña, R. (2012). *Diagnóstico Organizacional*. Recuperado de <http://diagnosticoorganizacionalrogerpolanco.blogspot.com/2012/10/analisis-del-campo-de-fuerzas-de-kurt.html>
- PP El verdadero, Diario (2011). *Soldadores reciben capacitación gratuita*. Ecuador. Recuperado de <http://www.ppelverdadero.com.ec/mi-guayaquil/item/soldadores-reciben-capacitacion-gratuita.html>
- Psicología y Empresa (2011). *Conceptos de capacitación, entrenamiento, y educación*. Recuperado de <http://psicologiayempresa.com/conceptosdecapacitacionentrenamientoyeducacion.html>
- Sapag, N. (2007). Estudio técnico del proyecto. En *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (págs. 95-107). México: Pearson Educación.
- Sapag, N. (2007). Criterios de evaluación. En *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (págs. 253-256). México: Pearson Educación.
- Scales, J. (Septiembre, 2015). *Educated welders: the real employment issue*. USA: AWS Welding Journal.
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2013). *Levantamiento nacional de necesidades de capacitación y formación profesional*. Recuperado de <http://www.secap.gob.ec/wp-content/PUBLICACIONES/2013/Informe%20Lev.%20Neces.%20Capac.%20SECAP%202013.pdf>
- Sun, M. (2009). *Quality management of outsourcing welded structure: case China*. (Tesis de maestría). Recuperado de <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/59571/nbnfi-fe201004061606.pdf?sequence=1>
- Thomasson, M. y Wallin, J. (2013). *Cost of Poor Quality; definition and development of a process-based framework* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/177665/177665.pdf>
- Wiswesser, R. y otros. (Octubre, 2008). *¿Qué se necesita para ser certificado por la AWS?* USA: AWS Welding Journal en español. Recuperado de <https://app.aws.org/wj/esp/2008/10/wjesp1008-31.pdf>
- Yousaf, F. e Ikramullath, B. (2013). *Reduction in repair rate of welding processes by determination and controlling of critical KPIVs*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4995/ijpme.2014.1609>

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA<sup>54</sup>

- American Psychological Association (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association*. Washington DC, USA: APA-Sexta Edición.
- American Welding Society (2007). *AWS QC-1, Standard for AWS Certification of Welding Inspectors*. USA: AWS.
- Bartle, P. (2011). *SMART: Características de los buenos objetivos*. Recuperado de <http://cec.vcn.bc.ca/mpfc/modules/pdsmas.htm>
- Guzmán, C. (2010). *Facilitación de procesos*. Material del módulo de la maestría de Gestión de proyectos). ESPAE, ESPOL.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2009). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 040 "Soldaduras de estructuras de acero"*. Quito, Ecuador: Autor.
- Kvidahl, L. (Junio, 2015). *Understand the building blocks for a quality welding program*. USA: AWS Welding Journal.
- Mariño, D. (2014). *Relación entre motivación laboral y desempeño apasionado*. Trabajo final de grado del Instituto de psicología social. Facultad de psicología. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. Recuperado de [http://sifp1.psico.edu.uy/sites/default/files/Trabajos%20finales/%20Archivos/tfg\\_marino\\_daniela\\_30-10-2014.pdf](http://sifp1.psico.edu.uy/sites/default/files/Trabajos%20finales/%20Archivos/tfg_marino_daniela_30-10-2014.pdf)
- Ortegón, E., Pacheco, J. y Roura, H. (2005). *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*. Manual No. 39. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)/CEPAL. Recuperado de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/S056394\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/S056394_es.pdf)
- Ortegón, E., Pacheco, J. y Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Manual No. 42. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)/CEPAL. Recuperado de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)
- Pain, E. (2016). *How to (seriously) read a scientific paper*. Recuperado de: [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

---

<sup>54</sup> De acuerdo con Hernández (2006), *bibliografía consultada* “es aquella bibliografía revisada y analizada durante toda la investigación y que no es recogida en las *Referencias Bibliográficas*”.

- Project Management Institute (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. USA: PMI-Quinta edición.
- Schiffauerova, A. y Thomson, V. (2006). *A review of research on cost of quality models and best practices*. Escuela Politécnica de Montreal/ McGill University, Canada. Recuperado de <http://f4ss.org/Files/CoQModels-BestPractices.pdf>
- Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (2012). *Proyecto de inversión: Sistema Nacional de Nivelación y Admisión*. Ecuador, SENESCYT.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (\_\_\_\_). *Guía para la presentación de programas y proyectos de inversión pública*. Ecuador, SENPLADES. Recuperado de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Inversi%C3%B3n-P%C3%ABlica.pdf>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Diseño curricular: Inspector de soldadura*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Diseño Curricular: Soldador en proceso SMAW, Soldadura por arco con electrodo metálico revestido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Diseño Curricular: Soldador en proceso SAW, Soldadura por arco sumergido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Diseño Curricular: Soldador en proceso GMAW (MIG-MAG), Soldadura por arco protegido con gas*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Diseño Curricular: Soldador en mantenimiento*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Inspector de soldadura*. Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Soldador en proceso SMAW, Soldadura por arco con electrodo metálico revestido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Soldador en proceso SAW, Soldadura por arco sumergido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>

- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Soldador en proceso GMAW (MIG-MAG), Soldadura por arco protegido con gas*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Soldador en mantenimiento*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Perfil profesional: Soldador(a)*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Estándar de competencia laboral: Inspector de soldadura*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Estándar de competencia laboral: Soldador en proceso SMAW, Soldadura por arco con electrodo metálico revestido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Estándar de competencia laboral: Soldador en proceso SAW, Soldadura por arco sumergido*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Estándar de competencia laboral: Soldador en proceso GMAW (MIG-MAG), Soldadura por arco protegido con gas*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional-SETEC (2011). *Estándar de competencia laboral: Soldador en mantenimiento*. Quito, Ecuador: SETEC. Recuperado de <http://www.setec.gob.ec/>
- Soto, A. (2012). *El plagio y su impacto a nivel académico y profesional*. Revista electrónica semestral E-Ciencias de la Información. Volumen 2, número 1, artículo 2. Universidad de Costa Rica. Recuperado de [http://www.ugr.es/~plagio\\_hum/Documentacion/06Publicaciones/ART003.pdf](http://www.ugr.es/~plagio_hum/Documentacion/06Publicaciones/ART003.pdf)
- Vara, A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú. Manual electrónico disponible en internet: [www.aristidesvara.net](http://www.aristidesvara.net)

## **ANEXOS**

Anexo A. Funciones del CWI, CAWI, SCWI

Anexo B. Funciones del CWS

Anexo C. Inversión en Calidad-Rubros Típicos

Anexo D. Costos Resultantes de una Calidad Deficiente-Rubros Típicos

Anexo E. Documentos Levantados por la SETEC

Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura

Anexo G. Galería Grupo Focal

Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos

Anexo I. Diseños Macro Curriculares para Componente de Capacitación

Anexo J. Galería: Experiencia Piloto – Proceso de Capacitación 2012-2014

Anexo K. Empresas Metalmecánicas de Ecuador

Anexo L. Fundamentos sobre la Reducción de Costos por Reprocesos

Anexo M. Ideas de Proyectos

### Anexo A. Funciones del CWI, CAWI, SCWI

(Ver Capítulo 2, sección 2.4.5)

Fuente: Extraído de AWS B5.1:2013 Amendment 2014, *Specification for the Qualification of Welding Inspectors*

**Tabla A1.** “Welding Inspection Capabilities Based on Qualification Level”

	<b>Knowledge and Skills</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	prepare reports	X	X	X
2	communicate effectively orally and written	X	X	X
3	understand the fundamentals of SMAW, SAW, OFW, RW, GTAW, FCAW, GMAW, PAW, SW, ESW and Thermal Spraying, Soldering, Mechanical Cutting, Thermal Cutting/Gouging, Brazing/ Braze Welding	X	X	X
4	understand the fundamentals of VT, MT, UT, PT, RT, LT, quality procedures and quality audits/surveillance	X	X	X
5	understand the fundamentals of welding metallurgy		X	X
6	understand welding symbols and drawings	X	X	X
7	interpret drawings		X	X
	<b>Standards</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	verify base material compliance	X	X	X
2	verify filler metal compliance	X	X	X
3	verify filler metal storage/handling compliance	X	X	X
4	verify inspection records compliance	X	X	X
5	verify proper documentation compliance	X	X	X
6	verify base material and filler metal compatibility		X	X
7	certify documented results compliance		X	X
8	verify procedure qualification records compliance		X	X
9	verify welding procedure compliance		X	X
10	verify NDE procedures compliance		X	X
	<b>Procedure Qualification</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	verify welding equipment appropriateness	X	X	X
2	verify edge preparation compliance	X	X	X
3	verify joint geometry compliance	X	X	X
4	witness procedure qualification		X	X
5	verify welding procedure qualification compliance		X	X
6	review welding procedures for compliance with code and contract		X	X
7	write welding procedures			X
	<b>Performance Qualification</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	witness welder performance qualification		X	X
2	verify welder qualification compliance		X	X
3	verify welder qualification records compliance		X	X
4	request welder performance requalification		X	X
	<b>Production</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	verify welder qualification appropriateness		X	X
2	verify production welding compliance		X	X
3	verify personnel qualifications		X	X

(Continúa)

**Tabla A1.** “Welding Inspection Capabilities Based on Qualification Level” (Continuación)

	<b>Inspection</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	perform visual examinations	X	X	X
2	verify examination procedure compliance		X	X
3	review examination results compliance		X	X
4	develop visual inspection procedures (before, during, and after welding)		X	X
5	provide NDE inspection planning and scheduling (before, during, and after)		X	X
6	review welding inspection reports		X	X
7	verify implementation of nondestructive and destructive evaluation		X	X
8	prepare visual inspection requirements			X
9	prepare NDE requirements			X
10	report investigation results of quality inspection disputes			X
11	prepare destructive testing requirements			X
	<b>Safety</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	be knowledgeable of applicable safety requirements	X	X	X
	<b>Quality Assurance</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	perform audits and surveillance		X	X
2	Implement weld inspection quality assurance plans		X	X
3	prepare weld inspection quality assurance plans			X
4	prepare base material control requirements			X
5	prepare weld consumable control requirements			X
6	prepare audit and surveillance plans			X
7	prepare documentation control requirements			X
	<b>Project Management</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	review contract requirements		X	X
2	review vendor proposal compliance		X	X
3	prepare weld inspection bid specifications			X
4	prepare purchase specifications			X
5	determine vendor capacity and capability			X
6	select vendor			X
	<b>Training</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	develop and provide a training program for the AWI		X	X
2	develop visual inspection training		X	X
3	verify implementation of visual inspection training		X	X
4	develop and provide a training program for the WI			X
5	provide technical leadership for welding inspectors			X
6	verify implementation of quality assurance training			X
7	provide guidance and direction to inspectors for maintaining and			X
	<b>Evaluation</b>	<b>AWI</b>	<b>WI</b>	<b>SWI</b>
1	evaluate AWIs performance		X	X
2	evaluate WIs performance			X
3	perform inspection results trend analysis			X

## **Anexo B. Funciones del CWS**

(Ver Capítulo 2, sección 2.4.5)

Fuente: Extraído de AWS B5.9:2006, *Specification for the Qualification of Welding Supervisors*.

### **A1. Personnel Management**

#### **A1.1 Supervision**

1. Coordination of jobs and personnel
2. Provision and maintenance of adequate instructions
3. Advise welding personnel on welding instructions (e.g., welding/NDE symbols)
4. Supervision of job performance

#### **A1.2 Codes/Quality Management (QM) Requirements**

1. Coordination of jobs and personnel in accordance with welding-related qualifications
2. Initiating and maintaining welder qualification records
3. Coordination and internal supervision of welder qualification tests

#### **A1.3 Qualification of Personnel**

1. Planning and coordination of training/qualification of welding-related personnel

#### **A1.4 Safety**

1. Training of personnel on welding safety requirements
2. Coordination of safety-related functions and personnel

### **A2. Welding Preparation and Fabrication**

#### **A2.1 Planning**

1. Assessment of weldability and practical application (joint design, stresses, materials, jigs, and fixtures required)
2. Feedback and liaison with designer/client/other concerned parties
3. Development of welding procedures (including heat treatment, welding sequence, distortion control, etc.)
4. Planning and coordination of welding-related work (job scheduling/outside contracts such as NDE)
5. Coordination of safety requirements (hot working permit/fume control and confined space training)
6. Coordination of personnel, production, workplace, and material requirements

#### **A2.2 Control**

1. Welding quality (control that specified weld quality is met)
2. Welding-related documentation
3. Economy of process application
4. Correct application of welding procedures, materials, personnel, and equipment
5. Control of job schedules (also contractors)
6. Consumables (stock control/ordering)
7. Budget and cost

#### **A2.3 Equipment/Consumables**

1. Condition (maintenance/calibration)
2. Consumables storage and issue
3. Safety equipment (protective clothing, etc.)

(Continúa)

**Anexo B. Funciones del CWS (Continuación)****A3. Quality Management and Quality Control Requirements****A3.1 Personnel**

1. Coordination of code or internal QM requirements and welder qualification (also subcontractors)

**A3.2 Procedure**

1. Coordination of code requirements, welding procedures, NDE and quality plans
2. Control of correct application of procedures (including joint preparation, preheat, and postheat treatment, welding sequence)

**A3.3 Procedure Testing**

1. Coordination of welding procedure qualification test
2. Internal supervision of welding procedure testing

**A3.4 Materials/Prefabrication**

1. Ensure that parent material and consumables meet specifications
2. Control quality of prefabrication (dimensions, joint preparations) so it meets specifications

**A3.5 Welding Inspection**

1. Ensure that all welding meets the specified requirements before inspection is initiated
2. Ensure that all welding inspection (e.g., NDT) tasks are performed

**A3.6 Documentation**

1. Recording of required documentation
2. Filing/distribution of required documentation

(Hasta aquí el Anexo B)

## **Anexo C. Inversión en Calidad-Rubros Típicos**

(Ver Capítulo 2, sección 2.5.1)

Fuente: Extraído y adaptado de Harrington, H. (1990).

### **Inversión en prevención**

- Planificación de la calidad (ensayos, inspección, auditorías, control del proceso).
- Educación.
- Procedimientos de formación.
- Formación de los empleados relacionada con el trabajo.
- Análisis de la capacidad del equipo.
- Revisiones de la especificación del diseño.
- Evaluación del producto, caracterización por ingeniería de producto.
- Contacto con los clientes para conocer sus expectativas.
- Manuales técnicos.
- Revisiones preproducción.
- Actividades para la prevención de defectos.
- Aprobación precoz de las especificaciones del producto.
- Diseño auxiliado por ordenador (CAD).
- Comportamiento de la predicción.
- Preparación de normas (estándares) del trabajo.
- Preparación y documentación de las clases de formación.
- Planificación de la habilidad y técnica de revisión de evaluación del programa (PERT).
- Definición del proceso.
- Postmortem.
- Modelos, simulación.
- Caracterización del proceso.
- Pre análisis.
- Actividades de ingeniería de fabricación y calidad antes de la revisión del diseño.
- Preparación de procedimientos de diseño.
- Revisiones de requisitos.
- Calificación de empaquetado.
- Sistemas de calidad, procedimientos y normas.
- Actividades experimentales (pruebas piloto de producción).
- Proyección/predicción de la habilidad.
- Planificación del sistema de costes de la mala calidad.
- Revisiones de la instalación.
- Planificación de programas informáticos.
- Proyección/predicción de la fiabilidad de los programas informáticos.
- Actividades de consulta del analista de sistemas.
- Revisión de la documentación de programas informáticos.
- Preparación y revisión de las especificaciones del sistema.
- Revisión de diagramas de flujo.
- Análisis de correlación.
- Duplicación y evaluación de cintas.
- Plan de calidad del programa.
- Plan del equipo de ensayos.
- Planificación de la automatización para reducir defectos.
- Diagramas de distribución en planta.
- Controles del nivel de ingeniería de programas informáticos.
- Evaluación y caracterización del proceso por ingeniería de fabricación.
- Controles de cambios de ingeniería de producto y proceso.
- Análisis de fallos.
- Actividades para evitar que vuelva a ocurrir un error.
- Encuestas a clientes para detectar cambios de expectativas.
- Predicción y determinación del tiempo de espera.
- Objetivos del coste de compras.
- Revisiones del calendario.
- Generación de presupuestos.
- Costes de expedición para garantizar los envíos correctos (p. ej., recibos de teléfono).
- Desarrollo de los estándares/estimaciones de costes.
- Estudios de la capacidad del proceso.
- Estudios de la capacidad de las máquinas.

- Certificación de operarios.
- Datos históricos del análisis modal de fallos y efectos aplicados a programas nuevos.
- Mantenimiento preventivo.
- Revisiones de proceso.
- Aprobación de la primera pieza.
- Establecimiento de los informes de la calidad.
- Monitorización y control ambiental.
- Calificación de operarios/inspectores.
- Mantenimiento preventivo de equipos de no inspección y ensayos.
- Especificaciones de calidad para materiales y procesos.
- Hojas de ruta para controlar el desarrollo de operaciones.
- Revisión de las prácticas de calidad del proveedor.
- Descripción de los requisitos a los proveedores.
- Sistema de cotización del proveedor.
- Asistencia a los proveedores en formación de calidad.
- Calificación de proveedores.
- Estudio de la evaluación de la calidad del proveedor.
- Planes de calidad del aprovisionamiento.
- Formación de calidad del proveedor.
- Proveedores múltiples.
- Planificación de la evaluación.
- Personal de planificación.
- Actividades para concienciar en calidad.
- Planificación a largo plazo.
- Desarrollo del sistema de costes de la mala calidad.
- Descripciones de trabajo.
- Preparación de procedimientos/documentos de instrucción.
- Preparación de manuales operativos.
- Establecimiento de recogida y análisis de datos.
- Programa de motivación para la calidad.
- Controles de seguridad.
- Entrevistas con futuros empleados.
- Proceso de mejora/excelencia de la calidad.
- Programa cero defectos.
- Limpieza y orden.
- Planificación de la calidad por parte de todas las funciones.
- Conocer/comprender los requisitos del cliente.
- Vigilancia de las áreas de trabajo.
- Reuniones departamentales.
- Monitorización del impacto ambiental.
- Automatización para mejorar la calidad.
- Programación de los trabajos.
- Correlación del equipo.
- Calibración del equipo que no está destinado a realizar medidas.

### **Inversión en evaluación**

- Materiales de ensayo e inspección (p. ej., película de rayos X).
- Preparación para la inspección y ensayo.
- Auditorías de calidad del producto.
- Avaes o aprobaciones externas.
- Valoración durante el proceso.
- Controles del proceso.
- Apoyo de evaluación.
- Registros del equipo de ensayos.
- Administración del departamento de calidad.
- Formación del personal de garantía de calidad.
- Formación del personal de inspección y ensayos de cualquier área.
- Costes de los ensayos del sistema.
- Revisión de la facturación.
- Calibración/mantenimiento del equipo de producción utilizado para evaluar la calidad.
- Auditorías de producto.
- Auditorías de los sistemas de calidad.
- Auditorías de la satisfacción del cliente.
- Evaluación por un laboratorio externo.
- Ensayo de vida.
- Análisis de envejecimiento y fatiga.
- Revisión del análisis de productibilidad/calidad.
- Prueba de inserción de fallos.
- Formación para los ensayos especiales.

- Pruebas del comportamiento post venta.
- Análisis de verificación de códigos.
- Verificación de los estándares de trabajo.
- Monitorización de comprobadores.
- Revisiones de mantenimiento y calibración/exactitud.
- Costes de evaluación de la instalación (pruebas post venta/inspección).
- Pruebas de calificación del producto.
- Inspección y ensayo de prototipos.
- Revisión del diseño del producto.
- Comprobación de planos.
- Auditorías de ingeniería.
- Calificación/evaluación de producto y proceso por GC.
- Revisiones/análisis de las especificaciones del diseño/ensayos.
- Revisión del libro mayor de beneficios/pérdidas y hoja de balance.
- Revisión de tarjetas horarias.
- Revisión de los gastos de capital.
- Revisión de los gastos de operación.
- Revisión de los costes estándar de productos.
- Informes financieros, generación y revisión.
- Revisión de pedidos.
- Comprobación de reclamaciones de la mano de obra.
- Acumulación de los datos de costes.
- Revisión de entrada de los pedidos.
- Revisión de la tasa de producción.
- Auditorías financieras por parte de corporaciones externas.
- Tiempo requerido para trabajar con corporaciones externas.
- Tiempo requerido para hacer auto-auditorías.
- Tiempo de ordenador (prueba del programa, prueba de la función, evaluación del comportamiento, verificación de códigos).
- Revisión del informe del proceso de datos.
- Coste de los sistemas de información correspondientes a la clasificación del proveedor.
- Inspección del proceso de datos e informes de las pruebas.
- Revisión de los datos de las pruebas e inspección.
- Revisión de seguridad (seguridad del operario).
- Revisión de procedimientos/documentos de instrucciones.
- Revisiones de desembolsos totales (sin delegar la autoridad).
- Más firmas que la de un solo director en un documento.
- Inspección en origen de las plantas de los proveedores.
- Vigilancia del proceso en proveedores.
- Re-certificación de proveedores.
- Coste de la inspección en recepción.
- Encuestas de empleados.
- Valoraciones del personal.
- Auditorías internas de los sistemas de operación
- Revisiones varias
- Auditorías de operación
- Reuniones de la alta dirección con los empleados
- Reuniones de la alta dirección con los clientes
- Proceso de autorizaciones de seguridad
- Comprobaciones de la seguridad
- Comprobaciones de la seguridad personal
- Inspección del trabajo acabado por el empleado

## Anexo D. Costos Resultantes de una Calidad Deficiente-Rubros Típicos

(Ver Capítulo 2, sección 2.5.2)

Fuente: Extraído y adaptado de Harrington, H. (1990).

### Costes debidos a errores internos

- Costes de fallos de la instalación.
- Coste de degradación (producto subestándar).
- Horas extra debidas a los problemas.
- Desechos o reprocesos.
- Actividades de clasificación.
- Reinspección a causa de los rechazos.
- Acción de la junta de revisión de materiales.
- Coste de la corrección de problemas.
- Coste de la reinspección y los ensayos.
- Evaluación/análisis de fallos e informes.
- Acción correctora.
- Informes de fallos.
- Análisis de desechos.
- Análisis de reprocesos.
- Soporte de fallos.
- Círculos de calidad.
- Equipos de mejora.
- Actividades para evitar que un error llegue al cliente siguiente.
- Coste del rediseño y cambios de ingeniería.
- Productos retirados (que ya no se fabrican).
- Desplazamientos de ingeniería y tiempo gastado en problemas.
- Modificaciones del proceso.
- Herramientas temporales (transitorias).
- Programas abandonados.
- Desechos y reprocesos de cambios de ingeniería.
- Actividades para reducir costes.
- Coste de los errores de facturación.
- Volumen de incobrables.
- Coste de los errores de nóminas.
- Informe de desechos y materiales defectuosos.
- Costes de descuentos de envío para compensar productos con retraso.
- Existencias no controladas.
- Coste de entradas contables incorrectas.
- Coste de repetir la redacción de pedidos.
- Todos los costes de aceleración.
- Coste de la cancelación del proveedor.
- Cuentas pendientes vencidas.
- Pagos incorrectos a proveedores.
- Revisiones del coste de la mala calidad.
- Coste de la corrección del informe financiero.
- No ajustado a especificaciones/renuncia (autorización de materiales no conformes).
- Desechos del proveedor.
- Reproceso de las piezas del proveedor.
- Exceso de existencias a causa de no poder confiar en las entregas/calidad del proveedor.
- Pérdidas por culpa del proveedor.
- Costes del envío de las devoluciones a los proveedores.
- Viajes a los proveedores para resolver problemas.
- Desechos/reprocesos por fallos del proveedor.
- Reciclado, reescritura/actualización de las instrucciones/documentos/facturas.
- Situación fuera de control (costes por línea parada).
- Cambios de documentos.
- Reubicaciones/cambios/redisposiciones no planificados.
- Calendario no cumplido.
- Tiempo no productivo del equipo.
- Rehacer trabajos (volver a mecanografiar, corregir errores, etc.).
- Accidentes, lesiones.
- Costes de morosos.
- Costes de espera (p. ej., porque una reunión no comenzó a su hora).
- Seguir la pista a los fallos del sistema.
- Robos.
- Absentismo.
- Coste de la rotación de personal.
- Retrasos (no contestar).
- Objetivos no cumplidos.
- Costes por no cumplir el calendario.
- Inventario durante el proceso por encima de las necesidades de una semana.

- Estimaciones/registros incorrectos de tiempo.
- Equipo para redundancia en caso de fallos.
- Tratamiento de las quejas/molestias de los empleados.
- Nivel incorrecto de la mano de obra.
- Pérdida de descuentos en facturas.
- Esfuerzos por determinar culpas.
- Tiempo gastado en investigar problemas inexistentes.
- Tiempo perdido porque los informes son erróneos.
- Pérdida de beneficios porque los informes no están a tiempo.
- Informes no utilizados.
- Tiempo gastado en seguimientos cuando no se cumplen los calendarios.
- Revelación de secretos de la compañía.
- Línea parada a causa de la escasez de piezas.
- Arreglárselas con escasez de piezas.
- Volver a mecanografiar.
- Corrección de escritos por otra persona distinta de la mecanógrafa.
- Información mal archivada.
- Coste de archivar documentos no utilizados.
- Tiempo requerido para encontrar equipo que funcione (p. ej., otra copiadora).
- Material de papelería desperdiciado a causa de los errores.
- Tratar de encontrar estimaciones erróneas.
- Errores de planos.
- Un diseño que no pasa la revisión.
- Coste de la pérdida de productividad o del incremento de salario cuando las estimaciones de tiempo son demasiado elevadas.
- Pedidos perdidos porque las propuestas se recibieron demasiado tarde.
- Sustitución de activos robados.
- Pérdida de tiempo porque un área de trabajo no está bien dispuesta.
- Pérdida de ventas porque los teléfonos no se contestan con rapidez.
- Sustitución de herramienta y comprobador porque los cambios de ingeniería los hicieron obsoletos.
- Índice de utilización de la mano de obra inferior a 1.
- Tiempo gastado por personas de nivel más alto haciendo trabajos de nivel inferior (p. ej., gerentes que hacen copias de documentos o ingenieros que mecanografían cartas).
- Espacio no utilizado.
- Cambio de pedidos a causa de los errores.
- Pérdidas a causa de errores de facturación.
- Tiempo requerido para corregir tarjetas horarias.
- Tiempo de depuración de programas.
- Costes de reinicialización de ordenadores.
- Pérdida de ventas porque las previsiones fueron demasiado bajas.
- Índice de utilización del equipo inferior a 1.
- Hacer cosas que no se tienen que hacer.
- Tiempo requerido para interpretar informes deficientes.
- Procesar una sugerencia más de una vez.
- No seguir los procedimientos.
- Retrasos de materiales.
- Bienes y equipos estropeados.
- Proceso de reclamaciones de seguros.
- Pérdida de descuentos de viajes.
- Preparar y evaluar los procedimientos de reproceso.
- Despedir empleados insatisfactorios.
- Pérdida de ahorros cuando la investigación de sugerencias dura más de una semana.
- Uso de artículos no conformes con especificaciones.
- Instalaciones no necesarias (p. ej., luces que se dejan encendidas) o utilizadas para reprocesos.
- Pérdida de ventas a causa de la escasez de stock.
- Publicaciones desechadas porque están anticuadas.
- Detener la producción porque la salida es de mala calidad.
- Detener la producción cuando no hay un problema real.
- Actividad de desarrollo de ingeniería que no da como resultado un nuevo producto.
- Penalizaciones OSHA y coste de las acciones correctoras.
- Reexpedir el correo que se envió a una dirección equivocada.
- Incendios.
- Retraso de facturas.

- Costes añadidos de correo o de envío porque el artículo no estaba listo a tiempo para su envío regular.
- Coste añadido de pedidos urgentes porque las piezas no están en stock cuando se necesitan.
- Revisión de planes que no se cumplen.
- Pérdida de beneficios cuando el producto no se remite debido a que las instalaciones se retrasaron.
- Tiempo de espera cuando el equipo está parado.
- Pérdida de activos.
- Errores de nómina.
- Costes legales por defender a la compañía.
- Propuestas rechazadas.
- Errores en la previsión de mercado (pérdida de ventas, exceso de stock, instalaciones no utilizadas).
- Pérdida de descuentos porque las sugerencias no se implantaron a su debido tiempo.
- Lesiones personales.

### **Costes debidos a errores externos**

- Cancelar proveedores.
- Verificar fallo.
- Centro de reparaciones post venta, gastos totales.
- Formación del personal de reparaciones.
- Salarios para el personal de reparaciones.
- Pérdida de arriendos.
- Cargos por tiempo no productivo.
- Retirada de productos.
- Costes y retrasos por modificaciones.
- Tratamiento de las reclamaciones.
- Escasez de componentes o materiales.
- Servicio al producto o al cliente a causa de los errores.
- Productos rechazados y devueltos.
- Reparación de materiales devueltos.
- Gastos de garantía.
- Reinspección y repetición de ensayos.
- Corrección de problemas.
- Acciones correctoras.
- Soporte de fallos por planta.
- Desechos y reprocesos por cambios de ingeniería.
- Análisis de las devoluciones.
- Análisis de la garantía.
- Contacto directo con el cliente por problemas post venta.
- Rediseño.
- Análisis de los cambios de ingeniería.
- Tiempo y desplazamiento de ingeniería por problemas post-venta.
- Volver a visitar al cliente para volver a evaluar.
- Requisitos de cambios por el cliente.
- Cambios de documentación.
- Inventario post venta.
- Tratamiento de materiales devueltos.
- Coste contable relacionado con artículos devueltos.
- Evaluación del stock y piezas de recambio en servicio.
- Costes de morosos.
- Incobrables.
- Pleitos por responsabilidad del producto.
- Robos.
- Pérdida de la buena disposición del cliente.
- Pérdida de ventas a causa del mal servicio.
- Accidentes/lesiones.
- Costes debidos a la espera.
- Gastos generales del personal de reparaciones.
- Pleitos por negligencias.
- Equipo de redundancia.
- Pérdida de ventas a causa de la mala producción.
- Programación del servicio para hacer cambios.
- Informes sobre el terreno.
- Informes de ventas y servicios.
- Informes de devoluciones y descuentos.
- Informes de materiales devueltos.
- Informes de fallos.

### Anexo E. Documentos Levantados por la SETEC

(Ver Capítulo 2, sección 2.5.4)

El objetivo de la Secretaría Técnica de Capacitación y Formación Profesional (SETEC) es “articular la gestión de la formación y capacitación profesional enfocada en el reconocimiento de competencias laborales, adaptándolas a la nueva estructura democrática del Estado, lo cual permitirá un sistema de capacitación coherentemente articulado, solidario, inclusivo y pertinente, en continua colaboración inter-institucional en armonía con los preceptos legales vigentes”. Esta secretaria ha desarrollado los siguientes documentos: (a) Perfiles profesionales; (b) Diseños curriculares; y (c) Estándares de competencia laboral.

Los perfiles profesionales están clasificados por sector productivo. Sólo para el sector de la metalmecánica los perfiles correspondientes son 12, de los cuales siete perfiles están relacionados con la soldadura. En cuanto a diseños curriculares, existen 26 documentos desarrollados (para varios sectores), de los cuales seis corresponden al ámbito de la soldadura. Por último, se han levantado seis estándares de competencia laboral relacionados con la soldadura de un listado de 26 (para varios sectores), como se resumen a continuación.

**Tabla E1.** Documentos Levantados por la SETEC

Tipo de documento SETEC	Desarrollados	Afines a soldadura
Perfiles profesionales	12 <sup>a</sup>	7
Diseños curriculares	26	6
Estándares de competencia laboral	26	6

<sup>a</sup> Estos 12 perfiles corresponden solamente al sector de la metalmecánica.

Fuente: [www.secretariacapacitacion.gob.ec](http://www.secretariacapacitacion.gob.ec)

Elaborado: El autor

**Tabla E2.** Documentos Levantados por la SETEC – parte II

No	Título del documento	PP/ PCL	DC	ECL
1	Inspector de soldadura	X	X	X
2	Soldador en mantenimiento	X	X	X
3	Soldador en proceso GMAW (MIG-MAG), Soldadura por arco protegido por gas	X	X	X
4	Soldador en proceso oxiacetilénico (OAW) y corte con oxígeno y gas combustible (OFC)		X	X
5	Soldador en proceso SAW, Soldadura por arco sumergido	X	X	X
6	Soldador en proceso SMAW, Soldadura por arco con electrodo metálico revestido	X	X	X
7	Soldador(a)	X		
8	Soldador en proceso GTAW, Soldadura por arco con tungsteno y gas	X		

Nota. Considere, PP=Perfil profesional; PCL= Perfil de competencia laboral; DC=Diseño curricular; ECL=Estándar de competencia laboral

Fuente: [www.secretariacapacitacion.gob.ec](http://www.secretariacapacitacion.gob.ec)

Elaborado: El autor

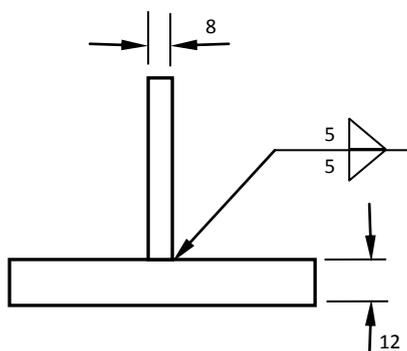


Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(3) Para el dibujo mostrado, ¿Cuál afirmación es correcta?**



- a) El tamaño de la soldadura de filete debe ser igual al espesor del alma.
- b) El tamaño de la soldadura de filete es 8 mm
- c) El tamaño de la soldadura de filete es 12 mm
- d) El tamaño de la soldadura de filete es 5 mm
- e) El tamaño de la soldadura de filete es 5 mm y es intermitente

**(4) Los tipos de soldadura de canal son:**

- a) Soldaduras para fabricar vigas de cajón
- b) Soldaduras de penetración parcial
- c) Soldadura de penetración completa
- d) Soldadura de penetración parcial y penetración completa
- e) Sirven para soldar alma y patín

**(5) ¿Cuál es el documento más importante que un soldador debe usar como referencia para realizar una soldadura?**

- a) La orden de trabajo
- b) Las indicaciones de su jefe
- c) La orden de trabajo y las indicaciones de su jefe
- d) La especificación del procedimiento de soldadura (WPS)
- e) La orden de trabajo más un plano

(Continúa)



**Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)**

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(8) ¿Qué cuidado especial hay que tener con el electrodo E7018?**

- a) Hay que evitar el contacto con la humedad
- b) Hay que solicitar a bodega solo la cantidad necesaria de electrodos que se vaya a utilizar.
- c) Es preferible usar el electrodo E6011 en vez del E7018
- d) No hay que tener ningún cuidado especial
- e) Solo utilizarlo en la fabricación de vigas para puentes

**(9) ¿Qué es el código de soldadura AWS D1.1?**

- a) Es una norma ecuatoriana
- b) Es un documento de auditoría
- c) Es un procedimiento de soldadura
- d) Es un documento utilizado en la fabricación de estructuras soldadas
- e) Es un documento que usan los fiscalizadores

**(10) Cuando en una soldadura hay poros, ¿Qué hay que hacer?**

- a) Hay que reparar inmediatamente
- b) Se puede colocar un poco de soldadura encima
- c) No es necesario hacer nada
- d) Hay que evaluar si es necesario reparar o no
- e) Hay que pulir y volver a soldar

**(11) Después de terminar el turno de trabajo, se puede usar oxígeno para soplar la suciedad del uniforme:**

- a) No, porque es un gas muy caro.
- b) Si se puede utilizar
- c) Solo si lo autoriza el jefe encargado.
- d) Si se puede utilizar, pero a una baja presión
- e) No se debe utilizar

(Continua)

Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

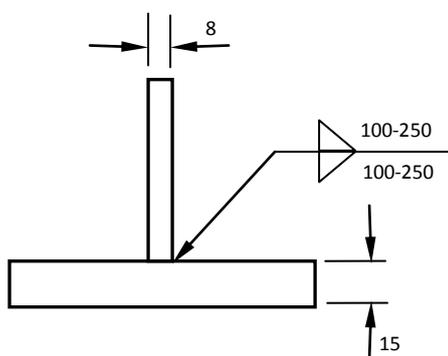
(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(12) Un soldador terminó de soldar una viga de 6 metros de longitud y le salió un poro de 2 mm en uno de los cordones ¿Qué debe hacer el soldador?**

- Debe reparar inmediatamente
- Debe colocarle un punto de soldadura y pulir
- Debe pulir el poro y colocar un punto de soldadura
- Se debe revisar con ultrasonido
- No debe hacer nada, el trabajo es aceptable

**(13) La siguiente figura muestra una simbología de soldadura. ¿Qué significa la simbología?**



- La soldadura es de filete intermitente, cada cordón tiene una longitud de 250 mm
- La soldadura es de filete continuo
- La soldadura es de filete intermitente, cada cordón tiene una longitud de 100 mm
- Se va a realizar una soldadura alma-patín
- El espesor del alma es muy grande

**(14) ¿De qué manera utiliza usted su WPS?**

- Cada vez que realice un trabajo donde aplique el WPS
- Cada vez que hay una capacitación
- Cada vez que hay calificación de soldadores
- Cada año cuando hay auditoría y solicitan el WPS
- Cada mes

(Continúa)

## Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

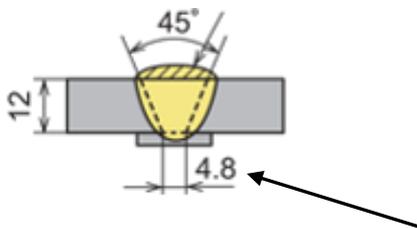
Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(15) Cuando en una soldadura aparece una fisura que se debe hacer:**

- a) Si la fisura es muy pequeña no es necesario hacer nada
- b) Se debe reparar solo en caso de vigas para puentes
- c) Se puede soldar encima de la fisura
- d) Se debe reparar según un procedimiento de reparación
- e) Se acepta hasta 2 fisuras por viga, pero que sean pequeñas

**(16) Otros tipos de pruebas que se realizan a la soldadura son:**

- a) Ultrasonido
- b) Tintas penetrantes
- c) Radiografía
- d) Reparaciones
- e) Tintas penetrantes, ultrasonido, radiografía

**(17) En la siguiente figura, la flecha señala una placa de respaldo. ¿Se puede utilizar una placa de respaldo de 3 mm de espesor?**

- a) Si
- b) No

**(18) ¿Qué es un WPS?**

- a) Es la calificación del soldador
- b) Es la especificación del procedimiento de soldadura
- c) Es un documento para presentar en una auditoría
- d) Es una marca de rollos de soldadura
- e) Es una no conformidad del cliente

(Continúa)

**Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)**

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(19) Indique los tipos de soldadura que existen:**

- a) Soldadura a tope y filete
- b) Soldadura de filete, canal, tapón, y ojal
- c) Soldadura en acero “negro” y acero inoxidable
- d) Soldadura de penetración parcial y soldadura de penetración completa
- e) Soldadura de “palillo”, “mig-mag”, y arco sumergido.

**(20) Un soldador tiene una calificación 3G en proceso FCAW, ¿Qué significa esto?**

- a) Que está apto para soldar en cualquier posición.
- b) Que solo debe soldar en posición plana
- c) Que solo debe soldar en posición vertical
- d) Que puede soldar en posición vertical, horizontal, y plana, ya sea en soldaduras de canal o en filete.
- e) Que también puede trabajar en un pórtico de arco sumergido

**(21) En un plano se especifica un tamaño de soldadura de filete de 10 mm. El fiscalizador usa una galga y encuentra que no tiene 10 mm sino 9 mm. ¿La soldadura es aceptable?**

- a) Si
- b) No

**(22) Un operador de pórtico de soldadura por arco sumergido acaba de retirar de la bodega un paquete de fundente. Al llegar a su sitio de trabajo se da cuenta que el paquete está roto. ¿Qué debe hacer el operador?**

- a) Debe abrir con cuidado el paquete para no se riegue el fundente en el piso.
- b) Debe usarlo sin problema.
- c) No debe usar el fundente, sino comunicar a su supervisor para ver si se puede secar el fundente antes de utilizarlo.
- d) Puede utilizar el fundente pero después tiene que anotar en el reporte la novedad.
- e) Puede utilizar el fundente si la funda es nueva.

(Continúa)

Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(23) ¿En un WPS se detalla los METALES BASE y los METALES DE APORTE?**

- c) Si
- d) No

**(24) El GOLPE DE ARCO ocurre cuando un soldador “revienta” la soldadura en la plancha de acero. ¿Cuándo se permite esto?**

- a) Siempre se permite
- b) Se permite, pero no muchas veces
- c) Se permite solo cuando la máquina de soldar no funciona bien
- d) No se permite
- e) Se permite solo cuando la plancha de acero está limpia

**(25) Las INCLUSIONES DE ESCORIA pueden ocurrir cuando:**

- a) El amperaje es muy alto
- b) El soldador usa técnicas inadecuadas y no hay una buena limpieza
- c) La velocidad es demasiado rápida
- d) La velocidad es demasiado lenta
- e) El amperaje es muy bajo

**(26) La SOCAVACION puede ocurrir cuando:**

- a) La velocidad es demasiado rápida
- b) El amperaje es muy alto
- c) Se manipula incorrectamente el electrodo
- d) Todos los de arriba
- e) El electrodo está húmedo

**(27) ¿La SOCAVADURA puede ser aceptable?**

- a) No
- b) Si

(Continúa)

Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

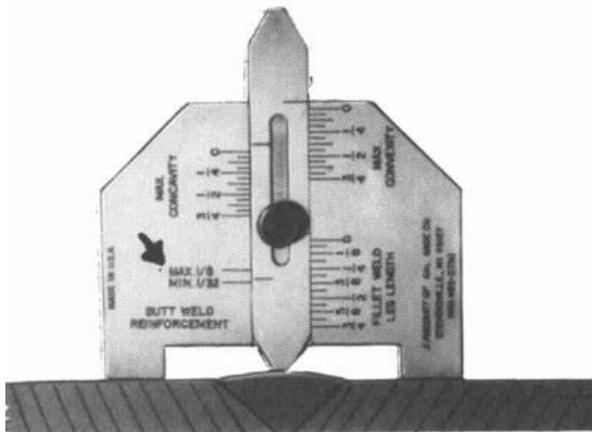
**(28) Algunos tipos de porosidad se conocen como:**

- a) Poros alineados
- b) Nidos de poros
- c) Poros alargados
- d) Poro
- e) Todos los de arriba

**(29) ¿Es necesario pulir las salpicaduras que están bien pegadas a la plancha de acero?**

- a) Si
- b) No

**(30) ¿Qué se está midiendo en la siguiente figura?**



- a) Se está midiendo el filete
- b) Se está midiendo la socavadura
- c) Se está midiendo el refuerzo de la soldadura
- d) Se está midiendo la pierna de la soldadura
- e) No está midiendo nada porque así no se utiliza esa galga

(Continúa)

Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**(31) En un plano se especifica un tamaño de soldadura de filete de 10 mm. El fiscalizador usa una galga y encuentra que no tiene 10 mm sino 13 mm. ¿La soldadura es aceptable?**

- a) Si
- b) No

**(32) ¿En un WPS se detalla el DISEÑO DE LA JUNTA?**

- a) Si
- b) No

## Anexo F. Modelo de Evaluación Técnica para Personal de Soldadura (continuación)

(Ver Capítulo 3, sección 3.2.3)

Autor: Leonardo León, CWI-AWS Registro No. 15091851

**Respuestas**

Pregunta No.	Tópico											Respuesta				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	a	b	c	d	e
1		2											b			
2						6								c		
3			3												d	
4	1														d	
5										10					d	
6							7						b			
7											11		b			
8									9			a				
9											11				d	
10						6									d	
11		2														e
12								8								e
13			3											c		
14										10		a				
15						6									d	
16								8								e
17											11		b			
18										10			b			
19	1												b			
20	1														d	
21								8				a				
22									9					c		
23										10		a				
24				4											d	
25					5								b			
26					5										d	
27				4								a				
28				4												e
29				4									b			
30								8				a				
31								7						c		
32										10		a				
<b>Totales</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

### Anexo G. Galería Grupo Focal

(Ver Capítulo 4, sección 4.2)



**Figura G1.** Desarrollo del Grupo Focal

Nota. (a) Distribución de evaluación técnica a los participantes; (b) Explicación de las instrucciones de la evaluación técnica; (c), (d), y (e) Lectura y aclaración de las preguntas de la evaluación técnica; (f) Participación del personal en el conversatorio; (g) Distribución de material para taller Lluvia de ideas; (h) Taller Lluvia de ideas.

Elaborado: El autor

## Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos

(Ver Capítulo 4, sección 4.3)

**Nombre:** Javier Peralta



**Área:** Capacitación técnica especializada

**Localidad:** Quito, Ecuador

**E-Mail:** speralta@indura.net

**Extracto:** Javier Peralta es ingeniero mecánico de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador). Además tiene un Magíster en Ingeniería Industrial de la misma universidad y un Diploma de Formación en Inspección de Construcciones Soldadas por la Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima – Perú). Es Senior Certified Welding Inspector (SCWI) y Certified Welding Sales Representative (CWSR), ambas por la Sociedad Americana de Soldadura AWS-USA. Actualmente se desempeña como Instructor Internacional del Programa CWI – CENTRO TÉCNICO INDURA.

### La Entrevista:

**Autor:** ¿Cuál es su apreciación sobre la relevancia de la problemática: “*Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmeccánico del país*”?

**Javier:** Un tema de vital importancia ya que afecta el precio final de los productos soldados.

**Autor:** De su experiencia ¿podría indicar si esta situación es puntual o repetitiva?

**Javier:** La falta de conocimiento de normas y códigos de soldadura han hecho que esta situación sea generalizada en el sector metalmeccánico ecuatoriano.

El concepto de no saber discriminar entre discontinuidades y defectos ha hecho que solo se acepte uniones soldadas perfectas, por lo tanto cualquier discontinuidad (que está aceptada bajo los códigos de soldadura) tenga que ser reprocesada y esto incide en los costos de producción de la estructura soldada.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las causas que originan esta situación?

**Javier:** El principal origen está en las universidades: Los profesionales se forman solo con apuntes de clase y libros de texto y no conocen ni aplican las diferentes normas, códigos, estándares que rigen el diseño, fabricación y montaje de las distintas estructuras soldadas (tanques, tuberías, puentes, edificios, galpones, etc.)

**Autor:** ¿Qué podría decir acerca del personal de soldadura como causa de esta problemática?

**Javier:** De manera general se aplica en nuestro medio el criterio de que “la soldadura sin discontinuidades es la soldadura aceptable”.

Este criterio está fuera de los requisitos que establecen los códigos de soldadura. Si en una empresa metalmeccánica no dispone de procedimientos de inspección visual para aceptación de soldadura (para discriminar discontinuidades vs defectos), esto es un indicativo de una falta de control de calidad y la no utilización de los criterios que mandan los códigos de soldadura. La elaboración de un procedimiento de inspección visual es responsabilidad del personal de soldadura que trabaja en control de calidad.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las consecuencias si esta situación empeorara?

**Javier:** El sector metalmeccánico tiene que protegerse mediante salvaguardas para impedir el ingreso de estructuras soldadas que tienen mejores PVP. Un ejemplo son los perfiles laminados en caliente que tienen un arancel del 15% y una salvaguarda de 45%. Esto con la finalidad de proteger la fabricación de vigas soldadas.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las soluciones o recomendaciones?

**Javier:** El sector metalmeccánico hoy en día está enfocado en “la calidad a cualquier precio”, pero es necesario que los profesionales se formen también en análisis de costos unitarios y reducción de costos en la soldadura de estructuras soldadas, para obtener estructuras “de calidad a precio competitivo.

El Centro Técnico Indura CETI ofrece un curso de supervisor de soldadura en el que se forma al participante en las cinco técnicas de reducción de costos recomendadas por la Asociación Estadounidense de Soldadura AWS.

**Autor:** ¿Existe literatura que muestre en términos económicos los beneficios de contar con inspectores (CWI, SCWI) o supervisores (CWS) certificados, ya sea a nivel Ecuador u otro país?

**Javier:** Te respondo con otro pregunta: ¿cuál es el “arc time” de tu empresa? Si no conoces este indicador significa que no mides la productividad de la soldadura, actividad principal en las empresas metalmeccánicas.

Por lo anterior no hay estadísticas de los beneficios que aporta un inspector CWI. Cabe aclarar que el inspector de soldadura garantiza la calidad de la soldadura, pero esto no necesariamente implica incremento de productividad o ahorro en costos. El supervisor de soldadura CWS es el que garantiza la productividad y el ahorro. Ecuador cuenta apenas con un Supervisor de Soldadura Certificado. Así que esto es un indicativo de que en la industria metalmeccánica ecuatoriana aún no entra en procesos de mejoramiento de la productividad en soldadura.

AWS tiene una publicación llamada TOTAL WELDING MANAGEMENT de J.R. Barckhoff. Este libro establece un sistema enfocado al mejoramiento de la productividad en soldadura. Es de gran ayuda para identificar las oportunidades de mejoramiento que deben existir en las empresas metalmeccánicas. Los reprocesos son solamente uno de los cinco aspectos que se

abarcen en este libro. Te adjunto papers relacionados con este tema.

Si deseas medir el tiempo de arco en tu empresa, en Indura ofrecemos a la venta un medidor del arc time (adjunto flyer). Este es un valor que debe ser un indicador para tu sistema de gestión ISO. Las mejoras que se pueden proponer afectan directamente el arc time.

Hemos tenido caso de éxito en el cambio de procesos. Una empresa de Amaguaña (Quito), que trabajaba totalmente con GMAW tenían un arc time de 25%. El soldador solo soldaba 2 horas de las 8 laborales, que desperdicio!. Al cambiar a FCAW llegaron a un arc time del 45%. Subieron casi al doble. Y esto fue medido con el arc time de Kemppi.

**Autor:** ¿Dónde se puede consultar una base de datos del personal de Ecuador certificado por AWS?

**Javier:** Por política de AWS, la información del personal de soldadura que está certificado es CONFIDENCIAL, por lo tanto no podemos entregar una base de datos con profesionales certificados.

En 10 años de entrenamiento CWI se han presentado 170 postulantes CWI. En Ecuador existen alrededor de 50 CWI y van aumentando cada año.

(Hasta aquí la entrevista a Javier Peralta)

## Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos (continuación)

(Ver Capítulo 4, sección 4.3)

**Nombre:** Fredi Miño Salazar



**Área:** Inspecciones no destructivas

**Localidad:** Quito, Ecuador

**E-Mail:** fmino@setendt.com.ec

**Sitio Web:** setendt.com.ec

**Extracto:** Fredi Miño es ingeniero mecánico con una certificación ASNT nivel III. Es especializado en diferentes métodos de inspección no destructiva. Posee amplia experiencia en la industria petrolera, aeronáutica, naval y metalmeccánica.

### La Entrevista:

**Autor:** ¿Cuál es su apreciación sobre la relevancia de la problemática: *“Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmeccánico del país”*?

**Fredi:** Creo que es un asunto muy importante por el hecho de incluir aspectos como la seguridad de las personas, contaminación ambiental, y recursos económicos.

**Autor:** De su experiencia ¿podría indicar si esta situación es puntual o repetitiva?

**Fredi:** Es una situación que se repite en muchas industrias a nivel nacional e internacional, especialmente en Centro y Sudamérica.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las causas que originan esta situación?

**Fredi:** De mi experiencia, la principal causa que origina esta situación es la falta de una capacitación y certificación apropiada para el personal involucrado (Soldadores, supervisores, etc). En la mayoría de casos las empresas capacitan su personal con los proveedores de equipos e insumos de soldadura, y estas obviamente van a tener un enfoque más comercial que técnico. Mi recomendación sería que las capacitaciones se realicen con entes independientes que no tengan fines comerciales.

Y en el caso de la certificación, también se debería realizar con entes independientes de la capacitación, esto enfocando un poco a lo que pide ISO 9712, pero en este caso la mayoría de empresas no tienen claro que existe una diferencia entre estar capacitado y estar certificado, y terminan pensando que con solo capacitar al personal ya pueden ejecutar tareas muchas veces

muy complicadas, para las cuales se requiere de personal CERTIFICADO.

Por otro lado, ciertas empresas no están conscientes de las aptitudes del personal, de hecho el personal de supervisión es seleccionado más en base a su experiencia que a su preparación.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las consecuencias si esta situación empeorara?

**Fredi:** Las consecuencias inmediatas serían la seguridad de la vida humana, afectaciones económicas y al medio ambiente debido al material inservible que se genera. Se puede comentar un caso sucedido en el Oriente (en el año 2013) con una estructura de aluminio que consistía en una plataforma con pasamanos, en la que a pesar que la soldadura tenía una buena apariencia exterior, al momento de probar la estructura esta falló. Después de inspeccionarla se encontró que la soldadura presentaba muchas discontinuidades internas.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las soluciones o recomendaciones?

**Fredi:** Implementar un programa de capacitación donde los pasos a seguir deberían ser: (a) evaluar los reprocesos, (b) identificar entes acreditados para capacitar y certificar que sean independientes, y (c) evaluar la eficacia por ejemplo el porcentaje de reprocesos. En la mayoría de empresas no se toma en cuenta los reprocesos para evaluar la eficacia de la capacitación de su personal. Ojo que para una implementación piloto no se consideraría una pre selección del personal.

## Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos (continuación)

(Ver Capítulo 4, sección 4.3)

**Nombre:** Telmo Sánchez



**Área:** Diseño, Construcción, Academia

**Localidad:** Quito, Ecuador

**E-Mail:** telmoandres@gmail.com

**Extracto:** Telmo Sánchez es ingeniero mecánico de la Escuela Politécnica del Ejército (Quito-Ecuador). Posee un Máster en Ciencias en Ingeniería Civil-Estructural por el Virginia Polytechnic Institute and State University, y un PhD en Ingeniería Civil-Estructural por el Georgia Institute of Technology. Además tiene una Diplomado en Soldadura por la ESPOL. El Dr. Sánchez ha sido parte de varios comités encargados de desarrollar normativa técnica como por ejemplo los 10 capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Frecuentemente dicta cursos relacionados con su especialidad, y es profesor en la Universidad San Francisco de Quito, además de gerenciar una empresa dedicada al diseño estructural.

### La Entrevista:

**Autor:** ¿Cuál es su apreciación sobre la relevancia de la problemática: *“Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmeccánico del país”*?

**Telmo:** Este es un problema que afecta considerablemente el desempeño de todas las empresas metalmeccánicas del país. En mi perspectiva, todas las empresas que he tenido la oportunidad de visitar tienen problemas de fabricación que pueden ser mejorados. Por tal razón, pienso que el tema propuesto es relevante dentro del contexto ecuatoriano.

**Autor:** De su experiencia ¿podría indicar si esta situación es puntual o repetitiva?

**Telmo:** En Ecuador existen alrededor de 15 empresas metalmeccánicas de alta producción, es decir, de 500TM de fabricación en adelante. En mi experiencia de trabajar con varias de ellas puedo decir que el campo de mejora en la producción de secciones soldadas aplica a todas ellas.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las causas que originan esta situación?

**Telmo:** Me parece que la principal causa es la falta de un sistema de gestión que permita controlar la ejecución de los procesos. En general, las empresas tienen la misma tecnología utilizada en otros países para soldar y fabricar estructuras de acero; de igual modo, la mano de obra es calificada. Entonces, uno puede entender que lo único que falta para llegar a producir con calidad es "poner las cosas en orden", es decir, implementar un sistema de gestión que controle los procesos con mayor prestancia.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las consecuencias si esta situación empeorara?

**Telmo:** Este es un mal que afecta a toda la industria metalmeccánica y que puede llegar a reducir el mercado y la participación de la misma en el sector de la construcción. En la construcción de edificios por ejemplo, la estructura generalmente es de acero estructural u hormigón armado. El reto de los constructores en acero es el de procurar que dichas estructuras sean diseñadas y construidas con acero. Para llegar a este objetivo, uno de los parámetros claves que toma en cuenta el constructor o dueño de la obra es el costo. Es claro que el reproceso que implica tener que volver a soldar y reparar los elementos estructurales, es un gasto que afecta el costo de la construcción. Si los procesos de construcción de estructuras de acero no mejoran, su costo se verá afectado y consecuentemente su participación en el mercado.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las soluciones o recomendaciones?

**Telmo:** Me parece que la implementación de sistemas de gestión que se cumplan es la clave para mejorar la producción de perfiles soldados.

**Autor:** ¿Qué se está haciendo a nivel de país para potenciar la calidad de los productos soldados?

**Telmo:** Existen empresas que son conscientes de la problemática y están tomando acciones al respecto, a pesar de que todavía no es evidente el mejoramiento de sus productos.

**Autor:** ¿Cuáles son los desafíos para el país en cuanto a soldadura?

**Telmo:** Lo dicho, reducir al máximo el nivel de reproceso (o reparación) de los componentes soldados.

## Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos (continuación)

(Ver Capítulo 4, sección 4.3)

**Nombre:** Paul Ajila C.

**Área:** Servicios de inspección de estructuras metálicas.

**Localidad:** Guayaquil, Ecuador

**E-Mail:**

[paul.ajila@gmail.com](mailto:paul.ajila@gmail.com)

**Extracto:** Paúl Ajila es ingeniero mecánico de la ESPOL, posee una certificación como inspector de soldadura por la AWS de USA y tiene una experiencia de 15 años en el ámbito de inspecciones de estructuras metálicas soldadas. Además posee las certificaciones Welding Inspection and Metallurgy Professional API 577, Inspector de Construcciones Soldadas Nivel III- ICS-CESOL.

### La Entrevista:

**Autor:** ¿Cuál es su apreciación sobre la relevancia de la problemática: *“Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmeccánico del país”*?

**Paúl:** Me parece que es una situación bastante delicada porque cuando llegamos a verificar un trabajo las cosas ya están mal hechas o no hubo un criterio ingenieril-técnico, (...) en algunos casos me ha tocado desmontar un edificio para corregir ciertos errores y volver hacer el montaje; (...) el edificio debió haber tenido unas 50 toneladas montadas correspondientes a las 2 primeros niveles.

**Autor:** De su experiencia ¿podría indicar si esta situación es puntual o repetitiva?

**Paúl:** El problema no es aislado, es algo que se repite mucho. Quizá en algunas empresas que invierten en control de calidad en menor índice, pero en otras empresas es bastante recurrente.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las causas que originan esta situación?

**Paúl:** Muchos de los técnicos y personal operativo que construye es gente que se ha formado empíricamente (...); la causa principal es la falta de entrenamiento, pero un entrenamiento técnico (saber el “por qué” de las cosas). Desde un punto de vista constructivo, de soldadura, no es muy complicado explicarlas. Me he topado con personas que hacen todo lo que no se debe de hacer, pero lo hacen.

(...) A veces las compañías por ahorrar subcontratan, por ser más competitivas entre comillas. Entonces ganan la obra y le dan el trabajo a varios contratistas y resulta que cada uno lo hace como “cree” que está bien, entonces la calidad no es la misma.

(...) Me he topado con empresas que les pagan a los soldadores por día, otros por junta soldada, o por kilo armado. En algunos casos, estos acuerdos traen “apuros” por terminar la obra.

**Autor:** ¿Qué puede decir al respecto de los supervisores o inspectores de soldadura?

**Paúl:** Aquí en el país últimamente hay un repunte de gente que está incursionando en formarse como inspector de soldadura. Hace cinco años atrás habíamos muy pocos, inclusive en la zona de la costa todavía creo que somos muy poquitos.

Las empresas, como el mercado es competitivo, tienen miedo o piensan que les va a salir más caro el contratar o formar a alguien porque esta persona de pronto se va a ir o quiere ganar más, y no lo hacen.

En cuanto al nivel de los supervisores, he conocido a supervisores muy buenos pero que les falta la parte técnica (...), son poquitos las empresas que tienen ingenieros, y por lo general al ingeniero (...) no lo enfocan al control de la calidad de las estructuras o del proceso de fabricación. Son poquitos las empresas que tienen ingenieros dedicados a eso. La mayoría de empresas tienen técnicos que son soldadores a quienes les han dado la oportunidad.

(...) En la fiscalización de la mayoría de las obras está mucha gente que no conocen de soldadura.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las consecuencias si esta situación empeorara?

**Paúl:** Si falla una estructura las consecuencias pueden ser fatales. (...) A parte de eso, tendría un impacto muy negativo en cualquier empresa que se le caiga una estructura (...) causaría que la empresa quiebre, cierre y muchas personas se queden sin empleo. Este tipo de noticias con las actuales redes sociales (...) se difundiría “diez mil” veces más que una buena.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las soluciones o recomendaciones?

**Paúl:** Pienso que se debería invertir en capacitar a la gente en cosas muy prácticas. Cada empresa es un mundo diferente, (...) se debería analizar cada caso, (...) capacitar a los puestos claves. (...) Se debería incluir a otras áreas en el proceso de capacitación.

**Nota.** Consulte la entrevista completa de 33 minutos incluido en los entregables de este proyecto, donde se comentan ejemplos, casos reales del experto, y otros datos que pueden ser de interés.

## Anexo H. Resultados de Entrevistas a Expertos (continuación)

(Ver Capítulo 4, sección 4.3)

**Nombre:** Marlon Arboleda



**Área:** Control de calidad en construcciones navales.

**Localidad:** Guayaquil, Ecuador

**E-Mail:** marboledat@gmail.com, marboleda@astinave.com.ec

**Extracto:** Marlon Arboleda es ingeniero mecánico de la ESPOL. Además, cuenta con la certificación CWI por la AWS-USA. Actualmente, es candidato a un Máster en Gestión de la Producción y la Calidad por la ESPOL. Cuenta con varias certificaciones por la ASNT (American Society por Non Destructive Testing), tales como: Inspección visual, Tintas penetrantes, Partículas magnéticas y Ultrasonido. Además de varios cursos relacionados con el ámbito naval. Hoy en día se desenvuelve como Jefe de la Unidad de aseguramiento de la Calidad de una de las constructoras navieras más emblemáticas del país.

### La Entrevista:

**Autor:** ¿Cuál es su apreciación sobre la relevancia de la problemática: “*Continuos reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmecánico del país*”?

**Marlon:** Sabemos que los reprocesos en si conllevan a costos (...) y mientras más reprocesos tenga, el producto final va a costar más.

**Autor:** De su experiencia ¿podría indicar si esta situación es puntual o repetitiva?

**Marlon:** He tenido reprocesos en todas las industrias que he estado. Actualmente en la empresa que laboro (...) hemos minimizado los reprocesos de tal modo que nuestro trabajo es aceptado nacionalmente como internacionalmente.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las causas que originan esta situación?

**Marlon:** Sin apoyo de la alta gerencia tú no puedes hacer nada. Por otro lado, la falta de entrenamiento, la falta de procesos, la falta de calificación de estos procesos para garantizar que lo que tú estás haciendo está bien.

(...) Cuando yo llegué acá había oportunidades de mejora. (...) Lo que se cambió fue los procesos de soldadura de SMAW (que anteriormente se usaba bastante) a GMAW y FCAW.

**Autor:** Existen capacitaciones buenas, aceptables y malas, ¿qué opina de esto? y ¿cómo es el proceso de capacitación en tu área?

**Marlon:** El proceso de capacitación lo manejamos en conjunto con Recursos Humanos. Vemos la necesidad de cualquier trabajador, de

cualquier proceso (no solamente soldadura) y se plantea un curso de capacitación. Se contrata un profesional debidamente certificado. Nosotros también estamos en la capacitación para ver que esa capacitación le llega a la persona. Además se certifica al personal después de las capacitaciones de cualquier índole.

En el caso de la calificación de los soldadores: aquí tenemos un periodo de entrenamiento de 2 a 6 meses, en el cual el soldador realiza probetas. Esto se lleva a cabo fuera de las horas laborables debido a que es una necesidad tanto de ellos como de nosotros. Lo anterior garantiza que no nos van a dar reprocesos y eso refleja en sus sueldos. Una vez que esta persona ha demostrado su habilidad, la calificamos por medio de un profesional autorizado.

Aquí hemos tenido casos de soldadores con certificaciones extranjeras que no han pasado las pruebas pero eso no significa que les cerramos las puertas, simplemente solicitamos que se preparen mejor. En fin tenemos un seguimiento riguroso del desempeño del soldador que últimas estancias puede llevar a la separación del colaborador.

**Autor:** ¿Manejan capacitaciones a nivel interno?, ¿Qué tienen estas capacitaciones de interesante?

**Marlon:** Sí. Con estas se busca transmitir la experiencia y conocimientos del personal más al menos entrenado creando un efecto multiplicativo. Así mismo realizamos capacitaciones basadas en normas.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las consecuencias si esta situación empeorara?

**Marlon:** Mayor incremento de costos, pérdida de clientes y quiebra de la empresa. Toda empresa

que realiza un mal trabajo va a perder sus clientes, esto implica un recorte de personal, y a la larga la quiebra de la empresa.

**Autor:** ¿Cuáles podrían ser las soluciones o recomendaciones?

**Marlon:** Buscar el apoyo de la gerencia, la calificación de procesos, el entrenamiento y la

calificación del personal y la evaluación en el tiempo de dicho personal.

**Nota.** Consulte la entrevista completa de 28 minutos incluido en los entregables de este proyecto, donde se comentan experiencias del experto, y otros datos que pueden ser de interés.

(Hasta aquí la entrevista a Marlon Arboleda)

## **Anexo I. Diseños Macro Curriculares para Componente de Capacitación**

(Ver Capítulo 5, sección 5.10.1.4)

A continuación se ofrece parcialmente un diseño macro curricular básico para algunos de los tópicos indicados en la malla curricular de la Figura 30 a aplicarse en la componente de capacitación del proyecto.

### **Módulo: Fundamentos de seguridad industrial**

1. Peligros asociados
2. Efectos sobre la salud
3. Medidas de control
4. Manipulación de gases
5. Equipos de protección personal
6. Condiciones del entorno de trabajo

### **Módulo: Manejo de insumos**

1. Precauciones con electrodos
2. Electrodos con bajo contenido de hidrógeno
3. Precauciones con fundente
4. Precauciones con gases
5. Precauciones con los accesorios de los equipos de soldadura

### **Módulo: Instrumentos de medición**

1. Uso de galga automática.
2. Uso de galga para filetes.

3. Uso de galga V-WAC.
4. Uso de galga Bridge Cam.

### **Módulo: Procedimientos de reparación**

1. Reparación de traslapes, convexidad excesiva, y reforzamiento excesivo.
2. Reparación de convexidad excesiva, cráter, tamaño insuficiente, y socavadura.
3. Reparación de fusión incompleta, porosidad excesiva, e inclusiones de escoria.
4. Reparación de fisuras.
5. Limitaciones de temperatura.

### **Módulo: Lectura de WPS**

1. Preparación de juntas.
2. Información general.
3. Detalle de la junta soldada.
4. Planilla de parámetros de soldadura.
5. Variables de soldadura.

## Anexo J. Galería: Experiencia Piloto – Proceso de Capacitación 2012-2014



**Figura J1.** Proceso de Capacitación – Experiencia Piloto (Continúa)

Nota. (a, b, c) Este proceso inició en el año 2012. En aquel tiempo se comenzó estudiando con operadores clave, las necesidades de conocimientos requeridos para cada puesto (proceso de manufactura); (d) En 2013, se incorpora mejoras que incluían la toma de una prueba al terminar cada sesión con la intención de medir el aprovechamiento de los nuevos conocimientos impartidos; (e) Así mismo, se trató de crear espacios propicios para el aprendizaje, descartando el típico esquema de escritorios rígidos usado en materia de capacitación; (f) También se dio importancia a la participación e interacción con el personal, como elemento recurrente para evitar perder la conexión con la audiencia.

## Anexo J. Galería: Prueba Piloto – Proceso de Capacitación 2012-2014 (Continuación)



**Figura J1.** Proceso de Capacitación – Experiencia Piloto (Continuación)

Nota. (j, h, i, j, k) En 2014, se mantienen las mejoras del año pasado; (l, m, n, p) Sin embargo, bajo la premisa de que “la calidad la hacemos todos”, se consideró la necesidad de incorporar a otras áreas o departamentos (actores) al proceso, tal es el caso del personal de *logística* y *ventas*. Así también, se consideró importante la presencia de los supervisores de producción; (q, r) A mediados de 2014, la mejora continua, esta vez, se incluyó la utilización de probetas o muestras reales de productos en las capacitaciones de metrología.

Anexo J. Galería: Prueba Piloto – Proceso de Capacitación 2012-2014 (Continuación)



Figura J1. Proceso de Capacitación – Experiencia Piloto (Continuación)

## Anexo K. Empresas Metalmeccánicas de Ecuador

**Tabla K1.** Extracto de Empresas Metalmeccánicas y Constructoras Según sus Ingresos del Año 2014.

Posición relativa	Razón Social	(Ingresos en millones) (Utilidad en millones)		
		2012	2013	2014
1	Acería del Ecuador C.A. ADELCA	\$ 277,90	\$ 331,17	\$ 330,50
		\$ 38,92	\$ 19,29	\$ 29,29
2	Constructora Norberto Odebretch S.A.	\$ 11,27	\$ 69,57	\$ 294,45
		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 16,67
3	Novacero S.A.	\$ 217,41	\$ 252,17	\$ 231,90
		\$ 18,11	\$ 13,65	\$ 9,61
4	IPAC S.A	\$ 193,37	\$ 235,42	\$ 220,33
		\$ 32,45	\$ 25,61	\$ 25,38
5	Acerías Nacionales del Ecuador Sociedad Anónima A.N.D.E.C.	\$ 224,72	\$ 206,10	\$ 214,87
		\$ 20,21	\$ 4,52	\$ 8,24
6	Ideal Alambrec S.A.	\$ 132,82	\$ 134,29	\$ 133,23
		\$ 8,58	\$ 5,40	\$ 55,61
7	Santos CMI S.A.	\$ 27,35	\$ 42,58	\$ 85,20
		\$ 0,00	\$ 2,88	\$ 3,79
8	Dipac Manta S.A.	\$ 79,94	\$ 83,45	\$ 84,89
		\$ 13,95	\$ 14,90	\$ 16,90
9	Cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A.	\$ 50,82	\$ 63,21	\$ 72,20
		\$ 4,89	\$ 5,00	\$ 9,07
10	Corporación Ecuatoriana del Aluminio S.A. CEDAL	\$ 49,30	\$ 59,54	\$ 61,62
		\$ 2,76	\$ 4,99	\$ 5,27
11	Rooftec Ecuador S.A.	\$ 45,92	\$ 44,10	\$ 48,52
		\$ 3,34	\$ 3,18	\$ 3,97
12	TESCA Ingeniería del Ecuador S.A.	\$ 15,72	\$ 32,07	\$ 43,46
		\$ 1,47	\$ 4,30	\$ 5,40
13	Ferro Torre S.A.	\$ 25,41	\$ 33,39	\$ 43,30
		\$ 1,83	\$ 2,49	\$ 3,76
14	SEDEMI Servicios de Mecánica Industrial, Diseño, Construcción y Montaje	\$ 21,74	\$ 27,76	\$ 37,06
		\$ 3,59	\$ 3,20	\$ 2,35
15	Conduit del Ecuador S.A.	\$ 29,80	\$ 32,40	\$ 35,33
		\$ 2,00	\$ 2,01	\$ 2,81
16	Tubería Galvanizada Ecuatoriana S.A. TUGALT	\$ 26,06	\$ 27,68	\$ 32,54
		\$ 0,48	\$ 1,40	\$ 2,22
17	Pec Project Engineering & Construction Cia. Ltda.	\$ 14,81	\$ 20,11	\$ 23,33
		\$ 0,39	\$ 0,85	\$ 1,64

(Continúa)

**Tabla K1.** Extracto de Empresas Metalmeccánicas y Constructoras Según sus Ingresos del Año 2014 (Continuación)

Posición relativa	Razón Social	(Ingresos en millones) (Utilidad en millones)		
		2012	2013	2014
18	Bagant Ecuatoriana Cía. Ltda.	\$ 12,37	\$ 14,33	\$ 17,24
		\$ 2,60	\$ 3,35	\$ 4,16
19	Industria Metalmeccánica Constructora Imeteco S.A.	\$ 8,67	\$ 8,53	\$ 16,02
		\$ 0,24	\$ 0,70	\$ 1,12
20	Repuestos, Fabricación y Trasmisión de Motores Eléctricos Molemotor S.A.	\$ 5,33	\$ 17,44	\$ 15,42
		\$ 0,12	\$ 0,83	\$ 0,19
21	Estructuras de Hierro Edehsa S.A.	\$ 8,59	\$ 15,70	\$ 14,43
		\$ 0,34	\$ 1,30	\$ 1,18
22	Industria de Caucho y Acero Viteri INCAVIT S.A.	\$ 15,99	\$ 17,36	\$ 14,27
		\$ 0,52	\$ 0,57	\$ 0,35
23	Construcciones y Cubiertas Klaere Cía. Ltda.	\$ 3,21	\$ 9,14	\$ 14,11
		\$ 0,00	\$ 0,08	\$ 0,35
24	Proyectos Myrco S.A.	\$ 5,88	\$ 9,74	\$ 7,44
		\$ 0,31	\$ 0,50	\$ 0,38
25	Metalmeccánica Metalcar C.A.	\$ 8,18	\$ 3,58	\$ 7,39
		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,31
26	Industrias Clavec Cía. Ltda.	\$ 7,65	\$ 8,21	\$ 7,04
		\$ 1,30	\$ 1,98	\$ 1,22
27	Metales Inyectados (METAIN) S.A.	\$ 7,53	\$ 7,03	\$ 7,01
		\$ 0,46	\$ 0,39	\$ 0,38
28	Centro Acero S.A. ACEROSA	\$ 4,29	\$ 4,53	\$ 6,46
		\$ 0,57	\$ 0,86	\$ 1,40
29	Indutorres S.A.	\$ 3,63	\$ 5,14	\$ 6,24
		\$ 0,07	\$ 0,41	\$ 0,47
30	Enatin S.A.	\$ 4,58	\$ 4,96	\$ 5,94
		\$ 0,11	\$ 0,15	\$ 0,19
31	Aceros Boehler del Ecuador S.A. BOEHLER	\$ 5,27	\$ 5,52	\$ 5,51
		\$ 0,48	\$ 0,50	\$ 0,46
32	Aceros y Materiales para la Construcción ACIMCOECUADOR Cía. Ltda.	\$ 4,45	\$ 4,63	\$ 4,94
		\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,13
33	Inmokent S.A.	\$ 3,64	\$ 3,72	\$ 4,18
		\$ 0,32	\$ 0,13	\$ 0,22

Nota. Ekos diferencia a las empresas en base a sus ingresos totales como sigue: *Pequeñas empresas*, aquellas con ingresos entre 100 000 y 999 999 USD; *Medianas empresas*, aquellas con ingresos entre 1 a 5 millones de dólares; y *Grandes empresas*, aquellas con ingresos superiores a los 5 millones de dólares.

Las empresas mostradas en esta tabla han generado entre el 2012 al 2014 ingresos totales que van de los 1500 a 2000 millones de dólares aproximadamente.

Fuente: [www.ekosnegocios.com](http://www.ekosnegocios.com)

Elaborado: El autor



**Figura K1.** Logotipos de Algunas de las Empresas Metalmecánicas más Representativas de Ecuador

Fuente: Sitios web de cada empresa.

Elaborado: El autor.

### Anexo L. Fundamentos sobre la Reducción de Costos por Reprocesos

Este trabajo plantea que mediante la implementación del proyecto propuesto se alcanzaría una reducción de costos debidos a reprocesos del 40% en tres años, manteniéndose constante de allí en adelante. Los costos anuales dependerán principalmente de la cantidad de no conformidades (NC) ocurridas y de la criticidad en cada caso. A su vez, la cantidad de no conformidades dependerá del número de ventas, o en su defecto del volumen de ventas (toneladas).

En la sección 1.4 se indicó que las no conformidades por mes (NCPM) para el periodo estudiado en la empresa de estudio, son 2.0, 2.6, y 1.3, respectivamente; sin embargo, no se mencionó el número de ventas por mes (VPM) a fin de poder comparar estos valores e inferir su relevancia.

Para proyectar los costos por reprocesos se sugiere utilizar datos (como por ejemplo costos y números de ventas) históricos de un periodo apropiado. En la práctica se encuentra que no es tan sencillo contar con reportes detallados por cada no conformidad; no obstante, el número de ventas es un dato que sí se puede recolectar con más facilidad. En la siguiente tabla se muestran algunos datos de interés:

**Tabla L1.** Datos de entrada.

Variable	Abreviatura	Valor
Número de ventas por año	VPA	77
Número de ventas por mes	VPM	6
No conformidades por mes actual.	NCPM	2.0
No conformidades por mes esperado	NCPM <sub>e</sub>	0.5
Volumen de venta promedio	VV <sub>p</sub>	134 t
Costo anual por reprocesos	CR <sub>a</sub>	250 mil dólares

Fuente: Empresa de estudio.

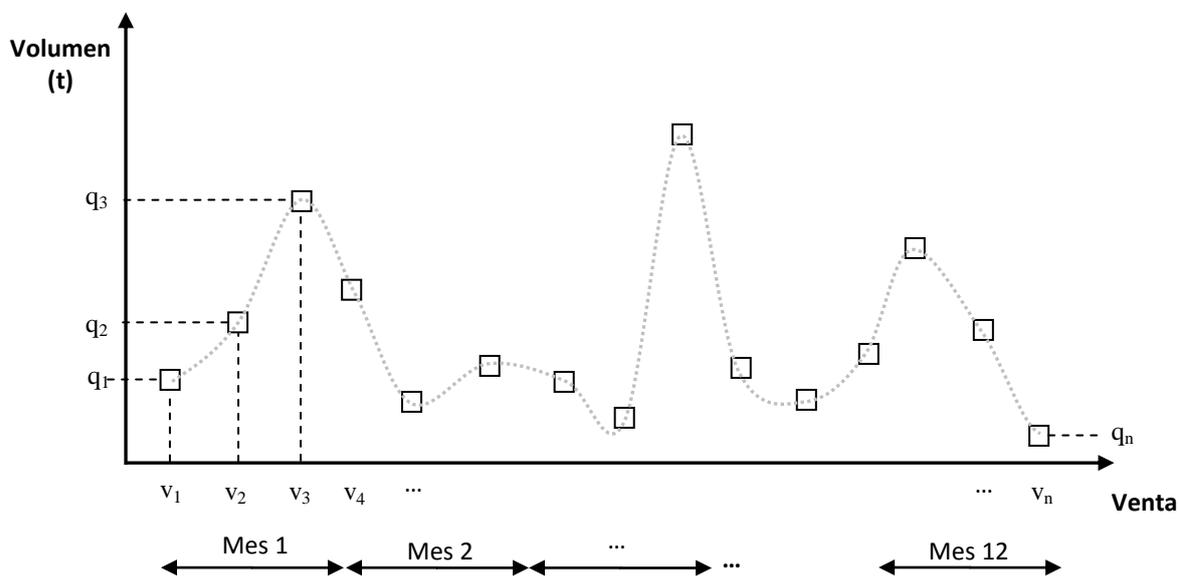
Elaborado: El autor

Con los datos de la tabla L1 se encuentra que:

- El 33% de las ventas implica reproceso (2.0 NC de 6 ventas).
- Por el punto anterior, si las VPA son 77, las NC del año serán 26 (33% de 77).
- El porcentaje de costo por reproceso equivale a un 6% del monto total. Es decir que, si la utilidad teórica de cada venta fuera un 20%, la utilidad real sería del 14%; lo cual representa un 30% de reducción en la utilidad.
- En base al punto anterior, si el VV<sub>p</sub> es 134t, el costo del reproceso equivaldría a 9 mil dólares aproximadamente.
- Decir que NCPM<sub>e</sub> sea de 0.5 implica que los reprocesos serían equivalentes al 8% de la ventas (0.5 de 6).

- Pasar de 2.0 a 0.5 NCPM implica una reducción del 75% en las no conformidades.
- Probablemente, llegar a 0.5 NCPM sea un objetivo bueno; sin embargo, un objetivo aceptable sería 1.0 NCPM, el cual equivale a una reducción del 40%.

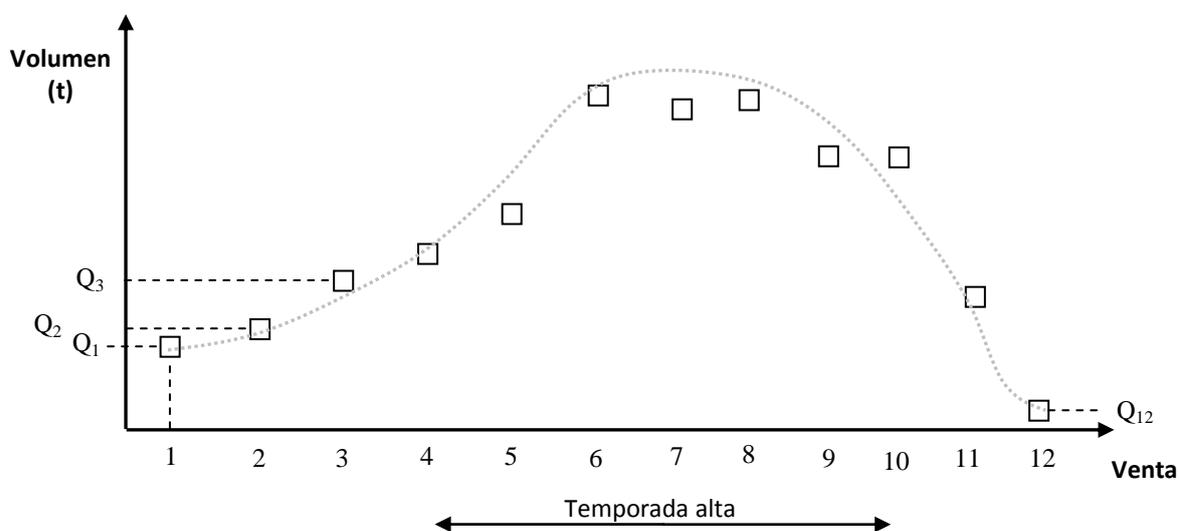
**Otras consideraciones.** Cada venta ( $v_i$ ) se formaliza a través de una orden de compra y/o un contrato en donde se detalla cantidades, precios unitarios ( $p_{u,i}$ ) de los productos solicitados, y el volumen total de la venta ( $q_i$ ). La siguiente Figura trata de representar las ventas de año.



**Figura L1.** Distribución de Ventas por su Volumen

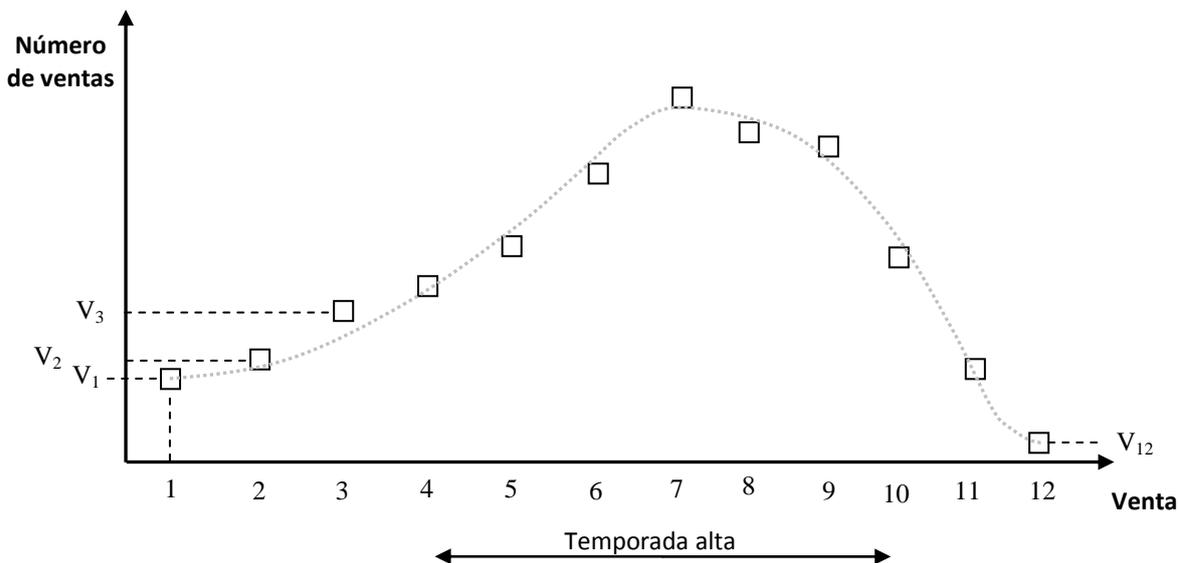
Elaborado: El autor.

A partir de esta gráfica se puede agrupar las ventas por mes ( $V_i$ ), así como los correspondientes volúmenes de ventas ( $Q_i$ ), tal como se muestra en las Figuras L2 y L3.



**Figura L2.** Distribución Anual del Volumen de Ventas

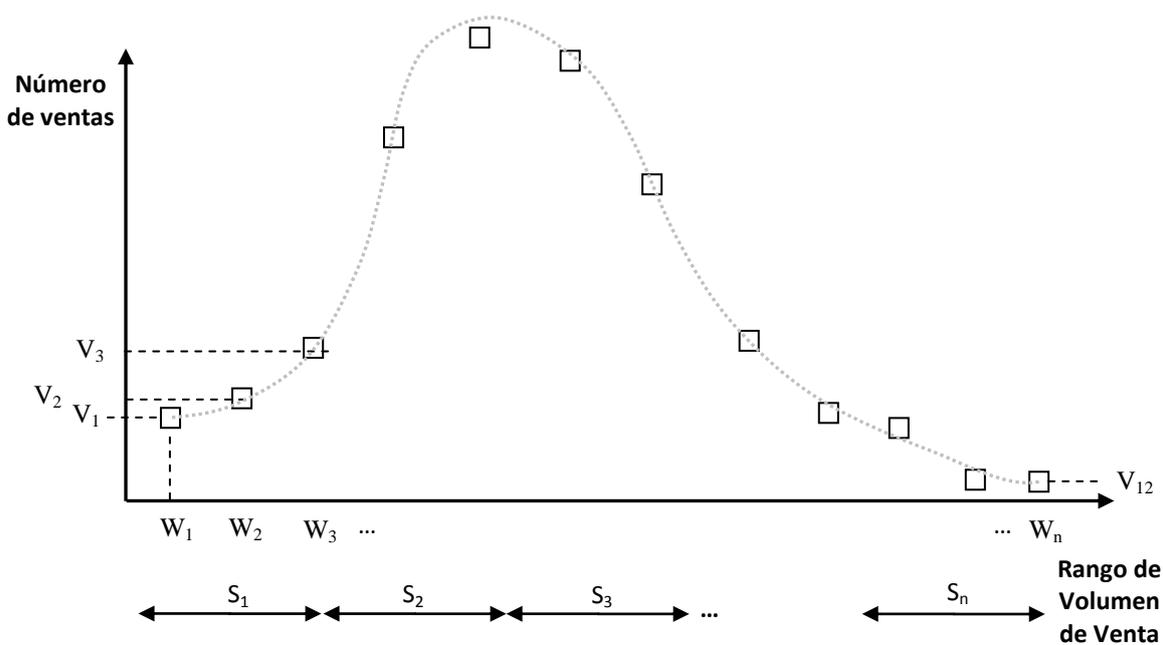
Elaborado: El autor.



**Figura L3.** Distribución Anual de las Ventas

Elaborado: El autor.

Las Figuras L2 y L3 revelarían el comportamiento cíclico de las ventas bajo condiciones estables, encontrándose así periodos de mayor y menor demanda. Una tercera grafica puede resultar útil si se establece rangos de volumen de ventas ( $W_i$ ) versus el correspondiente número de ventas ( $V_i$ ) en ese rango como se muestra en la Figura L4.

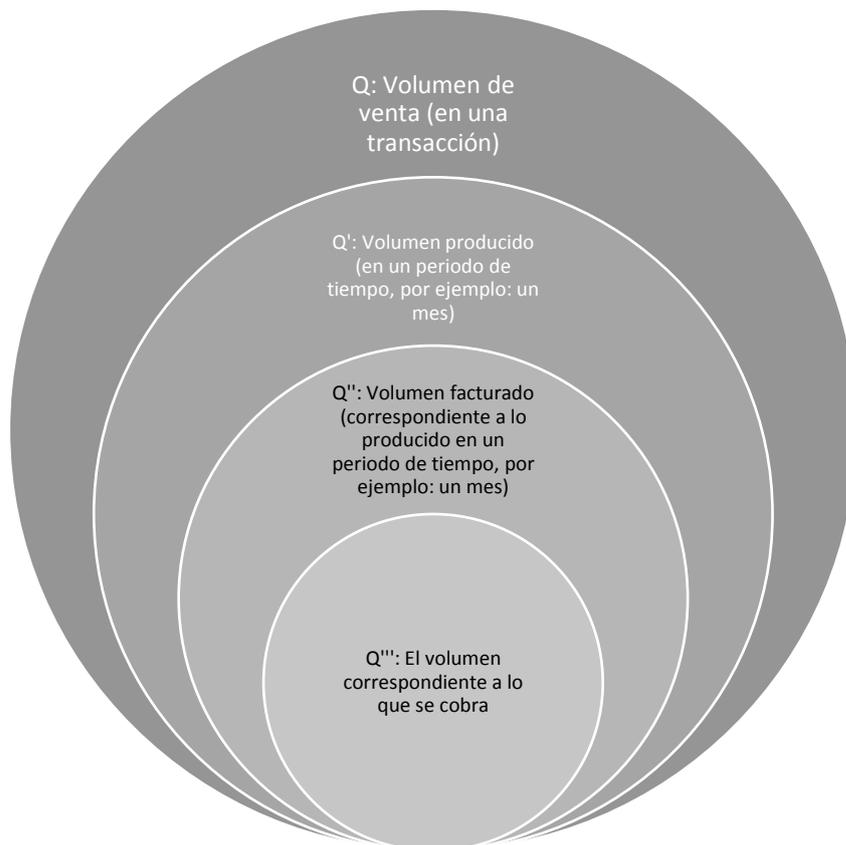


**Figura L4.** Distribución de Ventas por Rango de Volumen

Elaborado: El autor.

A partir de la Figura L4 se puede segmentar aplicaciones o tipos de proyectos por rango, como por ejemplo: viviendas, monopolos, escuelas, edificios de hasta x pisos, puentes peatonales, galpones de x m2, tanques de almacenamiento, puentes vehiculares, edificios superiores a x pisos. Esta Figura sugiere además la existencia de un tipo de producto de mayor venta.

En esta sección se han hecho algunas simplificaciones; por ejemplo, solamente se ha hecho referencia al volumen de venta, cuando existen otros tipos de volúmenes de producto, como se muestra en la Figura L5.



**Figura L5.** Tipos de Volumen de Producto

Elaborado: El autor.

### Anexo M. Ideas de Proyectos

Como parte del desarrollo de este trabajo de titulación surgieron ciertas ideas que pueden resultar de interés, y que el autor desea compartir con los maestrantes que buscan temas orientados al ámbito mecánico.

**Tabla M1.** Ideas de Proyectos Enfocados al Sector Metalmecánico

No	Tema	Antecedentes/Comentarios
1	Mejoramiento de la productividad en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmecánico del país.	Esta propuesta busca complementar el tema central tratado en este documento ( <i>Disminución de reprocesos en la fabricación de productos soldados en empresas del sector metalmecánico del país</i> ). El autor considera que no puede haber mejoramiento de la productividad sin mejorar la calidad.
2	Emisión de entrevistas audiovisuales a profesionales del ámbito metalmecánico del país para fines académicos.	Este proyecto podría ser de interés para las universidades del país, por el hecho de ser una manera de complementar la formación de sus estudiantes. Es una propuesta que busca acercar al estudiante a su entorno profesional para que conozcan las experiencias de muchos profesionales de su área, similar a lo que realiza el Dr. Riofrío (ESPOL) para estudiantes del ciclo básico.
3	Lanzamiento de una revista especializada para el sector metalmecánico local.	En nuestro país no existen revistas especializadas (al menos que se publiquen periódicamente) en el ámbito metalmecánico. Existen si en el ámbito de la construcción civil, arquitectura, diseño de interiores. Para el profesional es importante conocer también que oportunidades existen en el país y esta propuesta podría servir como un canal de comunicación, entre otros.
4	Inclusión de pensum sobre normativas aplicadas del sector metalmecánico en los programas de ingeniería de las universidades del país.	Normativas como por ejemplo: AWS, AISC, ASME, API, NACE, entre otras. Esta propuesta surge a partir de la observación hecha por el experto <i>Javier Peralta</i> (ver entrevista en anexos). Sería interesante evaluar la factibilidad de este proyecto e incluso poder presentar un borrador de propuesta de pensum para al menos una de las normativas indicadas. Con seguridad esto contribuiría a mejorar el nivel técnico de los profesionales del país.
5	Rescate institucional del Colegio de Ingenieros Mecánicos del Guayas (CIMEG).	Hace varios años se decretó que no es un requisito la afiliación a un colegio profesional para ejercer. Desde allí, algunos cuerpos colegiados han perdido mucha presencia en el país, entre ellos el CIMEG. Adicionalmente, sus instalaciones se han deteriorado por la reducción de ingresos económicos.

Nota. Los temas indicados en esta tabla no han sido presentados a ESPAE. Tampoco se ha investigado si ya existen proyectos similares que hayan sido desarrollados en el país o como en calidad de proyectos de graduación.

Elaborado: El autor

## Nota Autobiográfica



Leonardo León es ingeniero mecánico de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Posee además un magíster en gestión de proyectos en la Escuela de Posgrados en Administración de Empresas (ESPAE) de la ESPOL, y la certificación internacional CWI (Certified Welding Inspector) otorgada por la American Welding Society (AWS) de USA. La experiencia de Leonardo gira en torno al sector de la construcción metalmecánica. Sus áreas de interés son (a) control de calidad, (b) inspección de soldadura, (c) sistema de gestión de la calidad (SGC), (d) proyectos de construcción y montaje, (e) mejoramiento de la calidad y la productividad, (f) capacitación técnica, e (g) investigación. Leonardo además ha escrito algunos artículos técnicos y trabajos que se encuentran subidos en los sitios en internet.

León, L. (2016). *Disminución de reprocesos en la fabricación de productos soldados en una empresa del sector metalmecánico del país*. Trabajo de titulación del programa de Maestría en Gestión de Proyectos. ESPAE-ESPOL. Guayaquil, Ecuador.

León, L. (2015). *Especificaciones para el control de calidad para paneles de acero tipo sánduche con aislamiento termoacústico*.

León, L. (2014). *¿Se está aplicando debidamente el procedimiento de producto no conforme? Un diagnóstico personal*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/303387039\\_Leon\\_L\\_2014\\_PNC-UDP\\_Rev2016](https://www.researchgate.net/publication/303387039_Leon_L_2014_PNC-UDP_Rev2016)

León, L. (2013). *Escenarios de producción en una empresa procesadora de acero: un análisis de tiempos productivos versus tiempos muertos*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/303386498\\_Leon\\_L\\_2013\\_EDPPPA\\_Rev2016](https://www.researchgate.net/publication/303386498_Leon_L_2013_EDPPPA_Rev2016)

León, L. (2008). *Diseño de una máquina tipo tornillo para lavar sal*. Tesis de grado del programa de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), ESPOL. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91084/D-65766.pdf>

### Información de contacto:

Correo: leonardo.leon.gye@hotmail.com

Teléfono móvil: (+593) 98 943 9298

Dirección: Santa Mónica Mz. 37 Villa 17  
Guayaquil, Ecuador

*Cristhian Leonardo León Parra*

**Energía. Capacidad. Determinación.**