



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

## **“ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DEL PROFESIONAL CWI; DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA, ENTRE LOS CASOS DE ESTUDIO API 1104, Y AWS D1.1”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTOR:** DARÍO JAVIER BORJA PAZOS

**DIRECTOR:** Ing. Alex Giovanni Tenicota García

Riobamba – Ecuador

**2021**

**© 2021, Darío Javier Borja Pazos**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Darío Javier Borja Pazos, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 9 de abril del 2021



---

**Darío Javier Borja Pazos**  
C.C. 020197871-5

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; Tipo Proyecto Técnico: **“ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DEL PROFESIONAL CWI; DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA, ENTRE LOS CASOS DE ESTUDIO API 1104, Y AWS D1.1”**, realizado por el Señor: **DARÍO JAVIER BORJA PAZOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. José Antonio Granizo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JOSE ANTONIO</b>	09/04/2021
Ing. Alex Giovanni Tenicota García <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>	ALEX GIOVANNY TENICOTA GARCIA  Firmado digitalmente por ALEX GIOVANNY TENICOTA GARCIA Fecha: 2021.11.30 00:23:21 -05'00'	09/04/2021
Ing. Cesar Marcelo Gallegos Londono <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>CESAR MARCELO GALLEGOS LONDONO</b>	09/04/2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a mi hermana, quienes me brindan siempre su amor, comprensión, y lo esencial que es su apoyo incondicional, para llegar a alcanzar mi meta de ser Ingeniero CWI.

Javier

## **AGRADECIMIENTO**

A mis profesores los cuales han compartido conmigo sus valiosos conocimientos; en especial al Ingeniero Alex Tenicota, y al Ingeniero César Gallegos; por su asesoría brindada en el desarrollo de mi trabajo de titulación; también a mis compañeros por haberme brindado su valiosa amistad.

Javier

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCION.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos:.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General:</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos:</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Sociedades encargadas de normalizar los conceptos de soldadura.....	4
2.1.1. <i>El Instituto Americano del Petróleo</i> .....	4
2.1.2. <i>La Sociedad Americana de Soldadura</i> .....	4
2.2. Los Profesionales de la Soldadura.....	5
2.2.1. <i>El Inspector de Soldadura Certificado (CWI)</i> .....	5
2.2.1.1. <i>Funciones y deberes del profesional CWI</i> .....	5
2.2.1.2. <i>Capacidades del profesional CWI</i> .....	6
2.3. Procesos de soldadura.....	7
2.3.1. <i>Soldadura de arco eléctrico</i> .....	8
2.3.1.1. <i>Proceso SMAW</i> .....	10
2.3.1.2. <i>Proceso GMAW</i> .....	12
2.3.1.3. <i>Proceso FCAW</i> .....	13
2.3.1.4. <i>Proceso GTAW</i> .....	14

2.3.1.5.	<i>Proceso mixto</i> .....	17
2.3.1.6.	<i>Proceso SAW</i> .....	18
2.3.2.	<b><i>Soldadura por Oxigas</i></b> .....	19
2.3.2.1.	<i>Proceso OAW</i> .....	19
2.3.3.	<b><i>Soldadura por resistencia</i></b> .....	20
2.3.3.1.	<i>Proceso RSW</i> .....	21
2.3.4.	<b><i>Soldadura fuerte</i></b> .....	22
2.3.4.1.	<i>Soldadura fuerte con gas combustible</i> .....	22
2.3.5.	<b><i>Soldadura blanda</i></b> .....	22
2.3.5.1.	<i>Soldadura blanda con soplete</i> .....	23
2.3.5.2.	<i>Soldadura blanda por inducción</i> .....	23
2.3.6.	<b><i>Procesos afines</i></b> .....	23
2.3.6.1.	<i>Oxicorte</i> .....	23
2.3.6.2.	<i>Corte por plasma</i> .....	24
2.4.	<b>Inspección de soldadura</b> .....	25
2.4.1.	<b><i>Discontinuidades en las uniones soldadas</i></b> .....	26
2.4.1.1.	<i>Porosidad</i> .....	26
2.4.1.2.	<i>Fusión incompleta</i> .....	26
2.4.1.3.	<i>Penetración incompleta</i> .....	27
2.4.1.4.	<i>Socavación</i> .....	27
2.4.1.5.	<i>Falta de llenado</i> .....	27
2.4.1.6.	<i>Traslape</i> .....	28
2.4.1.7.	<i>Fisuras</i> .....	28
2.4.1.8.	<i>Inclusiones de escoria</i> .....	28
2.4.1.9.	<i>Sobre monta</i> .....	29
2.4.1.10.	<i>Salpicaduras</i> .....	29
2.4.1.11.	<i>Golpes de arco</i> .....	29
2.5.	<b>Ensayos No Destructivos</b> .....	29
2.5.1.	<b><i>Inspección Visual</i></b> .....	30
2.5.2.	<b><i>Tintas Penetrantes</i></b> .....	30
2.5.3.	<b><i>Ultrasonido</i></b> .....	32
2.5.4.	<b><i>Partículas Magnéticas</i></b> .....	32
2.5.5.	<b><i>Corrientes Inducidas</i></b> .....	33
2.5.6.	<b><i>Rayos X</i></b> .....	34
2.6.	<b>Ensayos Destructivos</b> .....	35
2.6.1.	<b><i>Ensayo de dobléz</i></b> .....	35



2.6.2.	<i>Ensayo de tracción</i> .....	35
2.6.3.	<i>Ensayo de rotura de filete</i> .....	35
2.6.4.	<i>Ensayo de rotura Nick Break</i> .....	36
2.6.5.	<i>Ensayo de impacto</i> .....	36
2.6.6.	<i>Ensayo de macroataque</i> .....	36

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	37
3.1.	<b>Aplicación de encuestas a inspectores CWI y estudiantes de ingeniería</b> .....	38
3.2.	<b>Detalle de capacidades del profesional CWI según API 1104 y AWS D1.1</b> .....	40
3.2.1.	<i>Conocimientos y habilidades</i> .....	40
3.2.2.	<i>Estándares</i> .....	41
3.2.3.	<i>Calificación del procedimiento</i> .....	41
3.2.4.	<i>Calificación de desempeño</i> .....	41
3.2.5.	<i>Producción</i> .....	42
3.2.6.	<i>Inspección</i> .....	42
3.2.7.	<i>Seguridad</i> .....	43
3.2.8.	<i>Control de calidad</i> .....	43
3.2.9.	<i>Gestión de proyectos</i> .....	44
3.2.10.	<i>Capacitación</i> .....	44
3.2.11.	<i>Evaluación</i> .....	45
3.3.	<b>Formatos usados por los CWI según API 1104 y AWS D1.1</b> .....	45
3.3.1.	<i>Formato de WPS según AWS D1.1</i> .....	45
3.3.2.	<i>Formato de WPS según API 1104</i> .....	46
3.3.3.	<i>Formato de PQR según AWS D1.1</i> .....	47
3.3.4.	<i>Formatos de WPQ según AWS D1.1</i> .....	50
3.3.5.	<i>Informe del Ensayo de Cupón de Prueba según API 1104</i> .....	52
3.4.	<b>Diferencias y similitudes entre las normativas estudiadas</b> .....	53
3.4.1.	<i>Diferencias entre API 1104 y AWS D1.1</i> .....	53
3.4.2.	<i>Similitudes entre API 1104 y AWS D1.1</i> .....	53

### CAPÍTULO IV

4.1.	<b>Experiencia dentro del campo de la soldadura</b> .....	54
4.2.	<b>Formación técnica en el país</b> .....	56

4.3.	Desempeño laboral del CWI .....	57
4.4.	Calificaciones de desempeño y evaluaciones.....	62
4.5.	Contribución al crecimiento económico del país.....	63
4.6.	Programas que certifican profesionales CWI.....	64
4.7.	Responsabilidad de los CWI en la capacitación de personal .....	65
4.8.	Inspectores certificados por los profesionales encuestados .....	66
4.8.1.	<i>Cantidad de inspectores certificados según API 1104 .....</i>	66
4.8.2.	<i>Cantidad de inspectores certificados según AWS D1.1 .....</i>	66
4.9.	Comparación entre códigos mediante un método tipo PUGH.....	67
4.10.	Criterios tomados en cuenta para evaluar las capacidades del CWI.....	69
4.10.1.	<i>Criterio de factibilidad .....</i>	69
4.10.2.	<i>Criterio de cobertura .....</i>	69
4.10.3.	<i>Criterio de sustentabilidad .....</i>	69
4.10.4.	<i>Grado de dificultad.....</i>	70
4.10.5.	<i>Aplicabilidad.....</i>	70
CONCLUSIONES: .....		71
RECOMENDACIONES: .....		72
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2- 1:</b>	Características de la inspecc .....	30
<b>Tabla 2- 2:</b>	Características de las tintas penetrantes .....	31
<b>Tabla 2- 3:</b>	Características del ultrasonido .....	32
<b>Tabla 2- 4:</b>	Características de las partículas magnéticas .....	33
<b>Tabla 2- 5:</b>	Características de las corrientes inducidas .....	34
<b>Tabla 2- 6:</b>	Características de los rayos X .....	34
<b>Tabla 3-7 :</b>	Diferencias entre las normativas API 1104 y AWS D1.1 .....	53
<b>Tabla 3-8 :</b>	Similitudes entre las normativas API 1104 y AWS D1.1 .....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1:</b>	Arco eléctrico en proceso SMAW.....	8
<b>Figura 2-2:</b>	Conexiones en polaridad inversa y directa.....	9
<b>Figura 2-3:</b>	Grados de penetración.....	9
<b>Figura 2-4:</b>	Proceso SMAW en cupón de tubería.....	10
<b>Figura 2-5:</b>	Fuente proceso SMAW.....	10
<b>Figura 2-6:</b>	Soldeo en proceso SMAW.....	11
<b>Figura 2-7:</b>	Electrodos para proceso SMAW.....	11
<b>Figura 2-8:</b>	Proceso GMAW en cupón de prueba.....	12
<b>Figura 2-9:</b>	Equipo para el proceso GMAW.....	12
<b>Figura 2-10:</b>	Proceso FCAW en cupón de prueba.....	13
<b>Figura 2-11:</b>	Representación del proceso FCAW.....	14
<b>Figura 2-12:</b>	Proceso GTAW en un cupón de tubería.....	14
<b>Figura 2-13:</b>	Fuente de poder para TIG.....	15
<b>Figura 2-14:</b>	Antorcha TIG con sus componentes.....	15
<b>Figura 2-15:</b>	Difusión del gas según el tipo de boquilla.....	16
<b>Figura 2-16:</b>	Electrodos de Tungsteno para TIG.....	16
<b>Figura 2-17:</b>	Varillas de aporte para proceso TIG.....	17
<b>Figura 2-18:</b>	Desarrollo del proceso mixto.....	17
<b>Figura 2-19:</b>	Soldadura de arco sumergido.....	18
<b>Figura 2-20:</b>	Desarrollo del proceso OAW.....	19
<b>Figura 2-21:</b>	Desarrollo del proceso OAW.....	19
<b>Figura 2-22:</b>	Representación del proceso RSW.....	21
<b>Figura 2-23:</b>	Equipo para proceso RSW.....	21
<b>Figura 2-24:</b>	Soldadura fuerte en tubería.....	22
<b>Figura 2-25:</b>	Soldadura blanda.....	23
<b>Figura 2-26:</b>	Desarrollo del oxicorte.....	23
<b>Figura 2-27:</b>	Equipo de oxicorte automático.....	24
<b>Figura 2-28:</b>	Corte por arco de plasma.....	24
<b>Figura 2-29:</b>	Cortadora de Plasma.....	25
<b>Figura 2-30:</b>	Porosidades en el cordón de soldadura.....	26
<b>Figura 2-31:</b>	Fusión incompleta en una junta soldada.....	26
<b>Figura 2-32:</b>	Penetración incompleta en una junta soldada.....	27
<b>Figura 2-33:</b>	Socavados en una junta de soldadura.....	27
<b>Figura 2-34:</b>	Fisuras en un cordón de soldadura.....	28
<b>Figura 2-35:</b>	Inclusión de escoria en un cordón de soldadura.....	28

<b>Figura 2-36:</b>	Inspección visual en soldadura.....	30
<b>Figura 2-37:</b>	Ensayo de tintas penetrantes.....	31
<b>Figura 2-38:</b>	Discontinuidades en la soldadura .....	31
<b>Figura 2-39:</b>	Análisis de un cupón de prueba con ultrasonido .....	32
<b>Figura 2-40:</b>	Ensayo de partículas magnéticas .....	32
<b>Figura 2-41:</b>	Ensayo de corrientes inducidas .....	33
<b>Figura 2-42:</b>	Porosidades en la placa radiográfica .....	34
<b>Figura 2-43:</b>	Prueba de doblado .....	35
<b>Figura 2-44:</b>	Ensayo de rotura de filete.....	35
<b>Figura 2-45:</b>	Ensayo Nick Break.....	36
<b>Figura 3-46:</b>	WPS según AWS D1.1.....	46
<b>Figura 3-47 :</b>	WPS para API 1104 .....	47
<b>Figura 3-48 :</b>	Formulario de calificación de PQR página 1 .....	48
<b>Figura 3-49 :</b>	Formulario de calificación de PQR página 2 .....	49
<b>Figura 3-50 :</b>	Formulario para calificación de soldadores proceso único. ....	50
<b>Figura 3-51 :</b>	Formulario para calificación de Soldadores Proceso Múltiple.....	51
<b>Figura 3-52 :</b>	Formato de informe de ensayo de cupón para API 1104 .....	52

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 3- 1:</b>	Nivel académico de los estudiantes encuestados .....	39
<b>Gráfico 4-2 :</b>	Niveles de certificación de los inspectores.....	54
<b>Gráfico 4-3 :</b>	Normas en las que están certificados los inspectores .....	55
<b>Gráfico 4-4 :</b>	Desempeño en el campo de la soldadura.....	55
<b>Gráfico 4-5 :</b>	Deseo de certificarse como Inspector de soldadura .....	55
<b>Gráfico 4-6 :</b>	Formación técnica en el país .....	56
<b>Gráfico 4-7 :</b>	Niveles de conocimiento de los inspectores.....	56
<b>Gráfico 4-8 :</b>	Calificación en el campo de la soldadura.....	56
<b>Gráfico 4-9 :</b>	Habilidades de los inspectores .....	57
<b>Gráfico 4-10 :</b>	Calificación de procedimientos.....	57
<b>Gráfico 4-11 :</b>	Control de calidad .....	57
<b>Gráfico 4-12 :</b>	Gestión de proyectos .....	58
<b>Gráfico 4-13 :</b>	Participación en la producción .....	58
<b>Gráfico 4-14 :</b>	Desarrollo de ensayos destructivos y END .....	58
<b>Gráfico 4-15 :</b>	Estándares de soldadura .....	58
<b>Gráfico 4-16 :</b>	Actividades de inspección.....	60
<b>Gráfico 4-17 :</b>	Actividades de supervisión.....	60
<b>Gráfico 4-18 :</b>	Conocimientos en soldadura .....	60
<b>Gráfico 4-19 :</b>	Conocimientos en inspección de soldadura.....	61
<b>Gráfico 4-20 :</b>	Conocimientos en seguridad industrial .....	61
<b>Gráfico 4-21 :</b>	Soldar de manera adecuada.....	61
<b>Gráfico 4-22 :</b>	Normas de soldadura.....	62
<b>Gráfico 4-23 :</b>	Estándares de soldadura .....	62
<b>Gráfico 4-24 :</b>	Calificaciones de desempeño .....	62
<b>Gráfico 4-25 :</b>	Evaluaciones de desempeño.....	63
<b>Gráfico 4-26 :</b>	Industrias en las que se desempeñan los inspectores.....	63
<b>Gráfico 4-27 :</b>	Contribución al desarrollo económico del país .....	63
<b>Gráfico 4-28 :</b>	Remuneración económica de los inspectores .....	64
<b>Gráfico 4-29 :</b>	Remuneración de soldadores y operarios de soldadura.....	64
<b>Gráfico 4-30 :</b>	Programas de certificación de inspectores de soldadura .....	64
<b>Gráfico 4-31 :</b>	Programas de certificación de soldadores y operarios de soldadura .....	65
<b>Gráfico 4-32 :</b>	Deseo por capacitarse en el campo de la soldadura .....	65
<b>Gráfico 4-33 :</b>	Participación en la certificación de nuevos inspectores .....	65
<b>Gráfico 4-34 :</b>	Participación en la certificación de soldadores y operarios de soldadura .....	66

## **INDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ESTÁNDARES
- ANEXO B:** CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
- ANEXO C:** CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO
- ANEXO D:** PRODUCCIÓN
- ANEXO E:** INSPECCIÓN
- ANEXO F:** CONTROL DE CALIDAD
- ANEXO G:** GESTIÓN DE PROYECTOS
- ANEXO H:** FORMATO PARA EL INFORME DE RADIOGRAFÍA SEGÚN AWS D1.1
- ANEXO I:** FORMATO PARA INFORME DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS SEGÚN  
AWS D1.1
- ANEXO J:** WPQ SEGÚN API 1104

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>AWS:</b>	Sociedad Americana de Soldadura
<b>API:</b>	Instituto Americano del Petróleo
<b>AISI-SAE:</b>	Normativas del Instituto Americano del Hierro y el Acero
<b>ANSI:</b>	Instituto Americano de Estandarización
<b>ASME:</b>	Sociedad Americana de Ingenieros mecánicos
<b>ASNT:</b>	Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos
<b>ASTM:</b>	Sociedad Americana de Ensayo de Materiales
<b>CAWI:</b>	Inspector de Soldadura Certificado Asociado
<b>CWI:</b>	Inspector de Soldadura Certificado
<b>SCWI:</b>	Inspector de Soldadura Certificado Senior
<b>DCEP:</b>	Corriente Continua Electrodo Positivo
<b>DCEN:</b>	Corriente Continua Electrodo Negativo
<b>END:</b>	Ensayos No Destructivos
<b>IP:</b>	Penetración Incompleta
<b>IF:</b>	Fusión Incompleta
<b>MT:</b>	Partículas Magnéticas
<b>PT:</b>	Tintas Penetrantes
<b>RT:</b>	Radiografía
<b>UT:</b>	Ultrasonido
<b>VT:</b>	Inspección Visual



## RESUMEN

Ecuador es un país en vías de desarrollo y requiere de profesionales certificados en el campo de la soldadura, basados en estándares internacionales con contenidos académicos de calidad que garanticen su pertinencia en los sectores industriales de importancia. En este sentido, los sectores productivos de hidrocarburos y construcción tienen más interés en lo que corresponde al cumplimiento de normalizaciones, pero los profesionales no se podrían generalizar para trabajos específicos como inspección de soldadura por el desconocimiento de las diferencias y similitudes que definen su pertinencia y aplicabilidad. La presente investigación tuvo como objetivo analizar las capacidades o competencias profesionales como son; habilidades, conocimientos y destrezas en el desempeño de los inspectores de segundo nivel en soldadura CWI (Certified Welding Inspector), certificados bajo los códigos API 1104 y AWS D1.1, para conocer la pertinencia y aplicabilidad definida en la cobertura, sustentabilidad, y factibilidad; a través de una investigación de tipo explicativo con enfoque cualitativo, recolectando los datos con una encuesta Online en Google Forms, dirigida a 20 profesionales CWI que se desempeñan dentro del sector industrial en Ecuador. Se aplicó, además, una encuesta Online dirigida a estudiantes de séptimo semestre en adelante de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH; así como a sus egresados y graduados, para conocer sus intereses, necesidades y expectativas en torno al tema de estudio, la cual arrojó 50 respuestas. El procesamiento de datos se realizó a través de gráficos; y, para el análisis e interpretación se utilizó una matriz con un método tipo PUGH, con la cual se comparó las normativas API 1104 y AWS D1.1. Finalmente, como principal conclusión se tiene que la Inspección de Soldadura es una profesión en auge, ya que es una carrera que se inserta en el futuro como una opción para el desarrollo económico e industrial del país; por lo tanto, se recomienda motivar la creación de instituciones que certifiquen a profesionales CWI, con contenidos académicos de calidad, para lograr la excelencia en capacitación e insertarlos con éxito en un campo de trabajo cada vez más tecnificado y demandante.

**Palabras clave:** <SOLDADURA>, <INSPECCIÓN DE SOLDADURA>, <NORMATIVAS DESOLDADURA>, < PROCESOS DE SOLDADURA>, <ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS>, <INSPECTOR DE SOLDADURA CERTIFICADO (CWI)>



Firmado electrónicamente por:

JHONATAN  
RODRIGO  
PARRÑO  
UQUILLAS



25-10-2021

1966-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

Ecuador is a country being developed and requires professionals certified in the welding process, based on international standards with qualified academic content that guarantee its relevance in important industrial sectors. In this way, the hydrocarbon and construction productive sectors are more interested about what corresponds to compliance with standards, but professionals could not be generalized for specific jobs such as welding inspection due to ignorance of the differences and similarities that define their relevance and applicability. The objective of this research was to analyze the professional capacities or competencies like abilities, knowledge and skills for performing the second level inspectors in welding CWI (Certified Welding Inspector), certified under API 1104 and AWS D1.1 codes, to know the relevance and applicability defined in coverage, sustainability, and feasibility; Through an explanatory research with a qualitative approach, collecting the data with an Online survey in Google Forms, directed to 20 CWI professionals who work within the industrial sector in Ecuador. In addition, an online survey was applied to students from the seventh semester of the Faculty of Mechanics from Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH; as well as its graduates, in order to know their interests, needs and expectations around the subject matter, which collected 50 responses. The data processing was made through graphics; and, for the analysis and interpretation, a matrix with a PUGH-type method was used and was compared with the API 1104 and AWS D1.1 regulations. Finally, the main conclusion is that Welding Inspection is a booming profession, since it is a career that is present in the future as an option for the economic and industrial development of the country; Therefore, it is recommended to motivate the creation of institutions that certify CWI professionals, with qualified academic content, in order to achieve excellence in training and successfully insert them into an increasingly technical and demanding field of work.

Keywords: <WELDING>, <WELDING INSPECTION>, <WELDING REGULATIONS>, <WELDING PROCESSES>, <NON-DESTRUCTIVE TESTING>, <CERTIFIED WELDING INSPECTOR (CWI)>

SANDRA  
PAULINA  
PORRAS  
PUMALEMA

Firmado digitalmente por SANDRA PAULINA PORRAS PUMALEMA  
Fecha: 2021.11.25 23:06:24 -05'00'

## **INTRODUCCION**

La soldadura se remonta a tiempos muy antiguos, en la Edad de Hierro, por ejemplo, se realizaban uniones en diversos materiales aplicando métodos de presión; mientras que, en la Edad Media la soldadura adquiere fines artísticos con el desarrollo de la herrería, a través de procesos de percusión.

En el siglo XIX, se descubre el arco eléctrico y se inventan los electrodos recubiertos, con lo cual, durante la Revolución Industrial y el desarrollo de las grandes guerras, la soldadura tiene un rápido adelanto en el desarrollo de nuevos procedimientos para la unión de piezas; es así como en la actualidad se automatiza y nos brinda facilidades en el desarrollo de los procesos industriales.

Nuestro país se encuentra en vías de desarrollo y la presencia de un mundo globalizado con mercados cada vez más exigentes, provoca que las industrias metalmeccánicas, petrolera, petroquímica, naval; entre otras, incrementen la demanda de profesionales calificados tales como ingenieros de soldadura, inspectores de soldadura, supervisores de soldadura, educadores de soldadura, soldadores certificados, etc.

Dentro de las profesiones mencionadas existe una de gran importancia, la Inspección de Soldadura, que se constituye como una carrera donde se puede prosperar, tanto en lo personal como en lo profesional; además de contribuir al desarrollo industrial y laboral del país.

En este sentido, es importante que el personal que labora en soldadura reciba formación para certificarse de acuerdo con los estándares internacionales en vigencia. Además, los Inspectores de Soldadura deben capacitarse y recertificarse constantemente, potenciando sus capacidades a niveles técnicamente superiores, para responder de forma eficiente a los cambios establecidos por los avances tecnológicos de la industria moderna.

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

A través del tiempo la soldadura se ha convertido en parte fundamental de los procesos industriales producción y mantención, de modo que, se define como una alternativa de determinante a la hora conservar y mejorar las características mecánicas de los elementos mecánicos del activo a reparar. Debido a las constantes exigencias del sector industrial es necesario contar con certificaciones que garanticen un alto grado de calidad en los procesos industriales, como el profesional de inspección de soldadura de segundo nivel, más concretamente conocido como CWI.

Ser CWI (Inspector de Soldadura Certificado) es una demostración de una notable habilidad profesional que involucra una gran responsabilidad, al respecto el Centro Técnico de Indura(CETI, 2017, p.3), en su programa de entrenamiento para la calificación de inspectores menciona lo siguiente: “La certificación CWI (Certified Welding Inspector), es ampliamente reconocida a nivel internacional, y en la actualidad las empresas exitosas han llegado a depender de la certificación AWS cuando se trata de asegurar el más alto nivel de calidad de la mano de obra” .

Sin embargo, obtener dicha certificación es un proceso muy complejo ya que entre los requisitos para la postulación están: trabajar en soldadura, con una experiencia de entre 3 y 12 años, con base en la formación académica (Ingeniería o Tecnología, 3 años; Bachillerato, 5 años; Educación Secundaria 8vo de básica aprobado, 9 años; y, Educación menor a 8vo de básica, 12 años). Además, que los exámenes de certificación son de opción múltiple traducidos al español, y con un tiempo de resolución relativamente corto. La certificación tiene vigencia de 3 años, y requiere de una renovación constante por parte de la American Welding Society (AWS). (CETI, 2017, pp.6-12).

A nivel general existe un cierto grado de desconocimiento de las características y conocimientos que describen las capacidades profesionales CWI, dentro de los lineamientos de los respectivos estándares API, y AWS. Esto por sí mismo constituye una gran desventaja, pues no permite que estas sean potenciadas de la forma adecuada, lo cual es un impedimento para desempeñarse adecuadamente dentro del sector industrial.

## **1.2 Justificación**

Debido a las crecientes demandas y al desarrollo de nuevas tecnologías, es necesario analizar las capacidades de los profesionales del sector manufacturero, para que estos respondan eficientemente a las competencias laborales, impuestas por un mercado en constante expansión.

Desde el punto de vista investigativo el proyecto es viable, ya que existen los instrumentos necesarios para su ejecución, los recursos externos pueden conseguirse a pesar de los cambios generados en el país, debido a la emergencia sanitaria por la Covid-19.

Este trabajo contribuye al desarrollo de la Matriz Productiva, al procurar satisfacer las necesidades de las industrias nacionales, para aprovechar al máximo los recursos propios, prioridad que consta en el objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021 “Toda una Vida”.

## **1.3 Objetivos:**

### ***1.3.1 Objetivo General:***

Analizar las capacidades del profesional de Inspección de Soldadura de Segundo Nivel (CWI) entre los casos de estudio de las normativas API 1104 y AWS D1.1.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos:***

- Describir la fundamentación teórica y metodológica de las capacidades profesionales, querequieren los inspectores de soldadura CWI mediante el análisis de normativas.
- Seleccionar y detallar las capacidades descritas en los códigos API 1104 y AWS D1.1 mediante la síntesis de información y comparación de aspectos atribuidas a las competencias de los inspectores CWI.
- Analizar las capacidades inherentes de cada código en estudio mediante la identificación y contraste de diferencias y similitudes, consulta a profesionales CWI certificados, y futuros profesionales con posible competencia en soldadura.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La elaboración del sustento teórico que recopila los fundamentos que constituyen a las capacidades (competencias, conocimientos y destrezas) del profesional de inspección de soldadura CWI, fue desarrollado mediante el análisis documental y síntesis de normativas y documentos técnicos vigentes. Los elementos considerados parten de la localización de las entidades responsables de procesos industriales estandarizados en términos de soldadura, fundamentos, calidad en la soldadura, responsabilidades del personal de inspección y definiciones estandarizadas.

#### 2.1 Sociedades encargadas de normalizar los conceptos de soldadura

En el mundo existen sociedades con el propósito específico de regular las actividades del área de soldadura, entre las más importantes tenemos: AWS, ASME, API, etc. Pero la más influyente de todas ellas es la AWS, la misma que se encarga de definir y normalizar todos los conceptos relacionados con la soldadura.

##### 2.1.1 *El Instituto Americano del Petróleo*

El Instituto Americano del Petróleo, por sus siglas en inglés API (American Petroleum Institute), representa todos los segmentos de la industria del petróleo y el gas natural de los Estados Unidos. Se fundó en 1919 como una organización de estandarización, con lo cual en estos 100 años ha desarrollado más de 700 estándares, para mejorar la seguridad operativa y ambiental, la eficiencia, y la sostenibilidad. Lo que le ha permitido expandirse y alcanzar una dimensión global, hasta ser reconocida en todo el mundo debido a su amplia gama de programas. La misión de API es promover la seguridad en la industria, a nivel mundial e influir en las políticas públicas en apoyo de una industria petrolera sólida y viable. (American Petroleum Institute, 2020).

##### 2.1.2 *La Sociedad Americana de Soldadura*

La Sociedad Americana de Soldadura AWS, fue fundada en 1919 y tiene su sede en Miami, Florida, USA; es una organización sin fines de lucro la cual tiene la misión de aportar al desarrollo de la ciencia, la tecnología, y la aplicación de la soldadura, los procesos de unión y corte, incluida la soldadura fuerte, la soldadura y la pulverización térmica. AWS se esfuerza por hacer avanzar a la industria tanto en pensamiento como en acción, así como inspirar a las nuevas generaciones

a generar oportunidades laborales y profesionales. (Welding Journal, 2008, p.31).

## **2.2 Los Profesionales de la Soldadura**

Estos son certificados por la AWS, la cual desde el año 1976 desarrolla varios programas, con la finalidad de proporcionar conocimientos y credenciales, para contribuir al desarrollo industrial. Los profesionales según lo menciona Welding Journal (2008, p.31), pueden ser certificados como: Inspector Asociado de Soldadura Certificado (CAWI), Inspector de Soldadura Certificado (CWI), Inspector Senior de Soldadura Certificado (SCWI), Soldador Certificado (CW), Educador de Soldadura Certificado (CWE), Supervisor de Soldadura Certificado (CWS), Interprete Radiográfico Certificado (CRI), Técnico de Soldadura Robótica por Arco Certificado (CRAW), Ingeniero de Soldadura Certificado (CW Eng), Fabricante de Soldadura Certificado (CWF); y, Centro de Evaluación Acreditado (ATF).

### **2.2.1 El Inspector de Soldadura Certificado (CWI)**

La certificación CWI es mucho más que una carrera gratificante, ya que implica responsabilidad y demostración de habilidades. Según el Centro Técnico de Indura (CETI, 2017, p.3); el CWI es ampliamente reconocido, a nivel nacional e internacional, por ello las empresas exitosas han confiado en esta certificación, para garantizar el más alto nivel de calidad en la mano de obra.

#### **2.2.1.1 Funciones y deberes del profesional CWI**

Las funciones y deberes del profesional CWI, van mucho más allá de la responsabilidad que este debe demostrar en el desempeño de su trabajo, por lo cual este debe ser muy estricto a la hora de desempeñar sus funciones, y cumplir con sus deberes los cuales se detallan a continuación:

- *Funciones.* El CWI inspeccionara, y comprobara que el trabajo, y los registros cumplan con los requisitos de las normas; también certificara a los soldadores, según los códigos y especificaciones vigentes. (AWS QC1, 2007, p.3).
- *Deberes.* El CWI supervisara y capacitara a los CAWI (Inspector de Soldadura Certificado Asociado), realizara inspecciones a procedimientos y procesos, realizara auditorías a proveedores y organizaciones que proporcionan materiales o servicios a los diferentes proyectos; además verificará que el trabajo realizado, y los registros asociados se mantengan y se ajusten, a los requisitos de las normas y documentos contractuales. (AWS B5.1, 2013, p.2).

### ***2.2.1.2 Capacidades del profesional CWI***

El Inspector de soldadura debe ser un profesional altamente competitivo, para lo cual debe potenciar de forma adecuada sus capacidades, para desenvolverse de forma eficiente dentro del extenso campo de la soldadura.

El CWI debe sacar el máximo provecho a sus capacidades descritas según su nivel. Sin embargo, como lo describe (AWS B5.1, 2013, p.2); “esto no restringe el desarrollo de tareas por encima de su nivel, en caso de determinarse que el inspector tiene las habilidades para realizar dichas tareas”.

A continuación, analizamos cada una de las capacidades del CWI:

- *Conocimientos y habilidades.* El profesional CWI será capaz de preparar informes, comunicarse eficazmente de forma oral y escrita; comprender los fundamentos de los procesos: SMAW, SAW, OFW, RW, GTAW, FCAW, GMAW, PAW, SW, ESW, pulverización térmica, soldadura fuerte y blanda; fundamentos de metalurgia de soldadura, corte mecánico, y biselado; END: VT, MT, UT, PT, RT, LT, procedimientos de calidad y auditorías; además, de interpretar planos y dibujos de soldadura. (AWS B5.1, 2013, p.3).
- *Estándares.* El profesional CWI será capaz de verificar lo siguiente; el material base y el material de aporte, las condiciones de almacenamiento y manipulación del metal de aporte, los registros de inspección y la documentación, la compatibilidad del material base con el de aporte, los registros de calificación del procedimiento, el procedimiento de soldadura y los procedimientos de END, y certificar el cumplimiento de los resultados documentados. (AWS B5.1, 2013, p.3).
- *Calificación del procedimiento.* El profesional CWI será capaz de: verificar la idoneidad del equipo de soldadura, verificar la preparación del borde y la geometría de la junta, calificar los procedimientos, verificar la calificación del procedimiento de soldadura, revisar los procedimientos de soldadura para certificar el cumplimiento de los requisitos del código y del contrato. (AWS B5.1, 2013, p.3).
- *Calificación de desempeño.* El profesional CWI deberá: supervisar la calificación de desempeño del soldador, verificar la calificación del soldador, verificar los registros de calificación del soldador; también podrá solicitar la recalificación del desempeño del soldador. (AWS B5.1, 2013, p.3).



- *Producción.* El profesional CWI será capaz de: verificar la calificación del soldador, verificar el cumplimiento de la soldadura de producción, y verificar las calificaciones del personal. (AWS B5.1, 2013, p.3).
- *Inspección.* El profesional CWI será capaz de: realizar inspección visual, verificar el procedimiento de inspección, revisar los resultados de la inspección, desarrollar procedimientos de inspección visual (antes, durante y después de la soldadura), planificar y desarrollar END (antes, durante y después de un proyecto), revisar los informes de la inspección de soldadura, verificar la implementación de métodos de ensayos destructivos y no destructivos. (AWS B5.1, 2013, p.4).
- *Seguridad.* El profesional CWI deberá conocer los requisitos de seguridad aplicables, los cuales se definen en ANSI Z49.1 *Manual de seguridad en los procesos de soldadura, corte, y afines.* (AWS B5.1, 2013, p.4).
- *Control de calidad.* El profesional CWI será capaz de: realizar auditorías, vigilancia, e implementar planes para asegurar la calidad en la inspección de soldadura. (AWS B5.1, 2013, p.4).
- *Gestión de proyectos.* El profesional CWI será capaz de: revisar los requisitos del contrato, y revisar el cumplimiento de la propuesta del proveedor. (AWS B5.1, 2013, p.4).
- *Capacitación.* El profesional CWI será capaz de: desarrollar y proporcionar programas de capacitación para los CAWI (Inspector de Soldadura Certificado Asociado), y para el personal de soldadura; además de desarrollar entrenamientos de inspección visual, y verificar la implementación de la capacitación en dicha actividad. (AWS B5.1, 2013, p.4).
- *Evaluación.* El profesional CWI será capaz de evaluar el desempeño de los CAWI (Inspector de Soldadura Certificado Asociado), además de evaluar al personal de soldadura. (AWS B5.1, 2013, p.4).

### **2.3 Procesos de soldadura**

Existe una gran cantidad de procesos de soldadura, cada uno de ellos con una aplicación específica en el sector industrial; debido a que se usan para unir diversos tipos de materiales para posteriormente convertirlos en estructuras, de forma general la soldadura por fusión se la puede clasificar en soldadura de: arco eléctrico, oxigas, resistencia, soldadura fuerte y blanda, además

de los procesos afines. El fundamento de los procesos, principios de funcionamiento, elementos de los equipos que constituyen cada proceso de soldadura es de vital importancia para el aprendizaje del inspector CWI. A continuación, se destaca los principales fundamentos, principios y elementos de procesos de soldadura reglamentados en códigos objeto de referencia a la hora de inspeccionar.

### 2.3.1 Soldadura de arco eléctrico

La soldadura de arco eléctrico de acuerdo con (Modenesi, 2006), “incluye a un gran número de procesos, los cuales usan como fuente de calor para la fusión localizada, una descarga eléctrica en un medio gaseoso parcialmente ionizado; en estos procesos la cantidad de calor en la junta, así como las dimensiones del cordón y la velocidad de soldadura dependen de la corriente y la tensión eléctrica suministrada por el arco”.

- **Función del arco eléctrico en la soldadura.** El arco eléctrico es el principio físico de transformar la energía eléctrica en calor, en el trabajo especializado de Oerlikon (2018, pp.26-27), manifiesta que “se cumple la ley de Ohm.  $U = R \times I$ ; donde R es la resistencia, I es la intensidad y U es el voltaje. La potencia del arco es  $P = U \times I$ ”.



**Figura 2- 1:** Arco eléctrico en proceso SMAW

Fuente: eloficial.ec

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

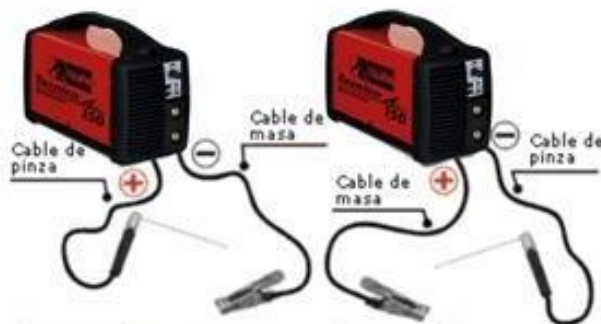
- **Tipos de corriente eléctrica en la soldadura de arco.** Se usan tanto corriente alterna como corriente continua, sin embargo, esta última es la más usual debido a que su uso resulta más eficiente y beneficioso, a continuación, se detallan las características de cada tipo de corriente:

**Corriente Alterna (CA).** En el trabajo especializado de Oerlikon (2018, p.26), se conceptualiza como “flujo de corriente varía de una dirección a la opuesta, este cambio se efectúa de 100 a 120 veces por segundo”. El tiempo entre los cambios de dirección positiva o negativa se conoce como periodo (50 a 60 ciclos).

**Corriente Continua (CC).** Según el manual de Oerlikon (2018, p.26), “El flujo de corriente siempre tiene la misma dirección: del polo negativo al polo positivo”.

- **Polaridad en la soldadura de arco eléctrico.** Es la dirección de la corriente en el circuito de soldadura, según el manual de Oerlikon (2018, p.26), “si el porta-electrodo se conecta al polo negativo (-) y la masa al positivo (+), es polaridad DIRECTA; y, si el porta-electrodo se conecta al polo positivo (+) y la masa al negativo (-), es polaridad INVERSA”.

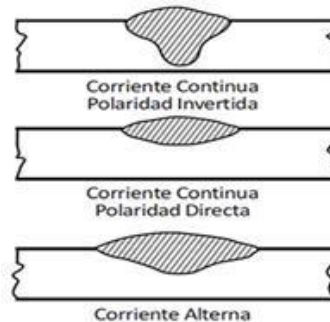
La polaridad aporta con cierto tipo de características al desarrollo de los procesos de soldadura, por lo cual dentro de los respectivos procedimientos se suelen usar de igual manera ambas polaridades, dependiendo de los parámetros que se hayan sido establecidos. La figura 2-2 muestra la manera como se deben conectar las pinzas de tierra y porta electrodo, en cada una de las polaridades.



**Figura 2- 2:** Conexiones en polaridad inversa y directa  
Fuente: TELWIN  
Realizado por: Borja, Darío; 2020.

- **Efectos de la polaridad en la soldadura de arco eléctrico.** Según el manual de Oerlikon(2018, p.27); “Cuando el electrodo se conecta al polo positivo permite una mayor penetración, y cuando se conecta al polo negativo la penetración es menor”.

La figura 3-2 muestra el grado de penetración alcanzado en la pieza soldada, tanto en polaridad directa como en inversa, así como también con corriente alterna.



**Figura 2- 3:** Grados de penetración  
Fuente: ESAB  
Realizado por: Borja Darío; 2020.

Dentro de la soldadura de arco existen una gran cantidad de procesos, entre los cuales podemos mencionar a los siguientes:

### 2.3.1.1 Proceso SMAW

El proceso SMAW (Shielded Metal Arc Welding), conocido en nuestro medio simplemente como soldadura eléctrica; es el método más usado debido a su simplicidad y versatilidad, por lo cual siempre lo encontraremos dentro de la industria.



**Figura 2- 4:** Proceso SMAW en cupón de tubería

**Fuente:** Perú Welders

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

La soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido; es un proceso de unión por fusión en donde se concentra el calor del arco eléctrico, producido entre las piezas a soldar y el electrodo, produciéndose el charco de soldadura, el cual al solidificarse forma la unión permanente. (Oerlikon, 2018, p.25).

- **Equipo para el proceso SMAW.** Este no es muy complejo de hecho, es uno de los más simples que existen en relación con los equipos de otros procesos, por ello en la actualidad podemos encontrar máquinas muy sencillas y de fácil portabilidad como la que se muestra en la figura 2-5.

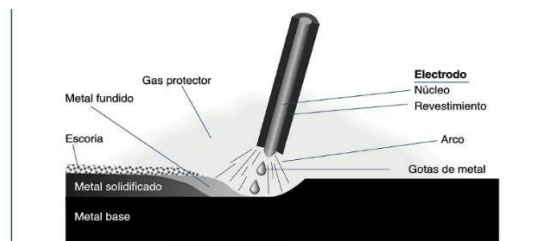


**Figura 2- 5:** Fuente proceso SMAW

**Fuente:** Lincoln Electric

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El equipo para el proceso SMAW consta de: fuente de poder, cables de conexión, pinza porta-electrodo, pinza de masa, electrodo, y pieza de trabajo. En el trabajo especializado de Oerlikon (2018, p.25), se menciona que: “a través de estos componentes se forma un circuito eléctrico, creando un arco tan caliente que funde un área entre el material base y la punta del electrodo, formando pequeñas gotas metálicas con escoria líquida, que se transfieren electromagnéticamente al material base, logrando la fusión y solidificación con el avance del arco eléctrico”.



**Figura 2- 6:** Soldeo en proceso SMAW

Fuente: Catalogo INDURA S.A.

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

En el soldeo se puede observar: núcleo del electrodo, revestimiento, escoria líquida, arco, metal base, baño de fusión y cráter del metal, escoria sólida, cráter del electrodo, protección gaseosa, transferencia de metal(gotas), cordón depositado, penetración, etc. (Oerlikon, 2018, p.25).

- **Material de aporte para el proceso SMAW.** Según el manual de INDURA S.A. (2016,p.29), “el electrodo es una varilla metálica con una capa de revestimiento, la cual determina las características mecánicas de la unión; además de producir gases que evitan la contaminación atmosférica, y escoria que protege el metal depositado hasta su solidificación”.

La figura 7-2 muestra los electrodos comunes usados en proceso SMAW, sin embargo existen una gran cantidad de electrodos especiales, dependiendo del tipo de aplicación.



**Figura 2- 7:** Electrodos para proceso SMAW

Fuente: Lincoln Electric

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

- **Aplicaciones y utilidades del proceso SMAW:** Es el proceso más versátil en la construcción pesada, industria naval, montaje en campo. Se usa en todo tipo de

aceros y aleaciones no ferrosas. También se lo usa para unir; el níquel, el cobre, y el aluminio, cada uno con sus respectivas aleaciones. (Perú Welders, 2020).

### 2.3.1.2 Proceso GMAW

El proceso GMAW (Gas Metal Arc Welding) es más sencillo de desarrollar que el proceso anterior, sin embargo es más complejo en cuanto a componentes, como veremos más adelante.



**Figura 2- 8:** Proceso GMAW en cupón de prueba

Fuente: The Fabricator

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

La soldadura de arco metálico con gas de protección es aquella en la que el arco eléctrico se produce a través de un alambre continuo y la pieza de trabajo. La protección del arco es por medio de un gas que puede ser inerte (Argón o Helio) proceso MIG (Metal Inert Gas); o activo (CO<sub>2</sub> o mezcla Ar-CO<sub>2</sub>) proceso MAG (Metal Active Gas). (ESAB, 2020).

- **Equipo para el proceso GMAW.** Como ya se dijo con anterioridad los componentes que se requieren para este proceso, son mucho más numerosos y complejos que en el proceso SMAW, la figura 9-2. muestra a detalle cada uno de ellos.



**Figura 2- 9:** Equipo para el proceso GMAW

Fuente: Lincoln Eléctric

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

El equipo consta de: fuente de corriente continua y tensión constante; devanador de alambre;

antorcha, tobera metálica; tubo de gas y regulador. El proceso puede ser aplicado de forma semiautomática y automatizada. (ESAB, 2020).

- **Gases de protección usados en el proceso GMAW.** En el proceso GMAW se pueden usar gases inertes y activos, también es muy común usar mezclas de estos, a continuación, se analizan más a detalle:

**CO<sub>2</sub>.** Produce una buena penetración, aumenta la viscosidad del charco, el arco es inestable y con mucha salpicadura. Se usa en aceros al carbono y de baja aleación. (ESAB, 2020).

**Argón (Ar).** No tiene acción sobre el charco, favorece el encendido del arco y lo estabiliza. (ESAB, 2020).

**Mezcla (Ar 80% - CO<sub>2</sub> 20%).** Se usa en aceros al carbono y de baja aleación, mejora el inicio del arco y lo estabiliza. (ESAB, 2020).

**O<sub>2</sub>.** Estabiliza el arco, disminuye las salpicaduras, eleva la temperatura del charco y mejora su transferencia. (ESAB, 2020).

- **Aplicaciones y utilidades del proceso GMAW:** Es muy versátil dentro de la industria metal mecánica, y en estructuras livianas se usa en prácticamente todos los aceros y las aleaciones no ferrosas. (Perú Welders, 2020).

### 2.3.1.3 Proceso FCAW

Es un complemento del proceso GMAW, donde el gas de protección se reemplaza por fundente sólido que se incorpora dentro del alambre de aporte, pero también se pueden usar gases.



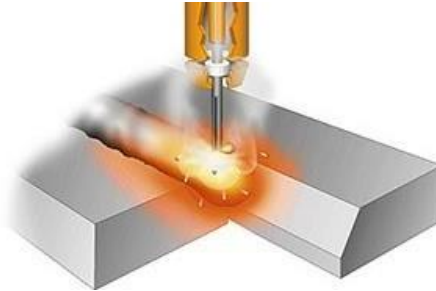
**Figura 2- 10:** Proceso FCAW en cupón de prueba

Fuente: Perú Welders

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

FCAW (Flux Core Arc Welding), es un proceso de soldadura de arco eléctrico que usa un alambre

continuo, como metal de aporte el cual internamente incorpora un fundente, que cumple las mismas funciones que el recubrimiento del electrodo. (ESAB, 2020).



**Figura 2- 11:** Representación del proceso FCAW

Fuente: Lincoln Eléctric

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

- **Equipo para el proceso FCAW.** El equipo usado para el proceso FCAW es similar al usado en el proceso GMAW, y el uso de gases de protección depende del tipo de material de aporte.

La fuente de poder es de CC, en polaridad positiva y de voltaje constante, la unidad de alimentación hala y controla la salida del alambre hacia el arco a una velocidad constante, la pistola tiene una boquilla de contacto que energiza al electrodo o alambre tubular; el cual tiene un diámetro (de 0.8 mm a 2.8 mm) y se rellena con una mezcla de metal pulverizado, ferroaleaciones, fundentes y materiales formadores de escoria. (Lincoln Electric, 2020).

- **Aplicaciones y utilidades del proceso FCAW:** Es un método muy versátil en la construcción pesada, industria naval, montaje en campo. Puede soldar todos los aceros, aleaciones no ferrosas, y varias fundiciones. (Perú Welders, 2020).

#### 2.3.1.4 Proceso GTAW



**Figura 2- 12:** Proceso GTAW en un cupón de tubería

Fuente: Lincoln Eléctric

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

La soldadura de arco de tungsteno con gas inerte (Gas Tungsten Arc Welding); usa el arco



producido entre un electrodo no consumible de Tungsteno y la pieza, con la protección de un gas inerte (Argón o Helio), y aplicando el material de aporte sobre el charco. Se usa en: aluminio, acero inoxidable, bronce, plata, cobre, níquel, hierro fundido, acero dulce y aleado, y pases de raíz en tuberías de presión. (Oerlikon, 2018, p.36).

- **Equipo para el proceso GTAW.** El proceso GTAW conocido también como TIG, suele ser muy complejo por lo que incluye los siguientes equipos y materiales:

**Fuente de poder.** Puede ser de CA o CC con un rango de corriente de 3 a 350 Amperios, con 10 a 35 Voltios, y un ciclo de trabajo del 60%. También se puede usar fuentes de poder para electrodo revestido, con un dispositivo para alta frecuencia. (Oerlikon, 2018, pp.36-37).

La figura 2-13 muestra una fuente de poder tipo Inverter, la cual es preferida para el proceso TIG. Debido a su bajo peso lo cual le hace muy fácil de transportar y operar.



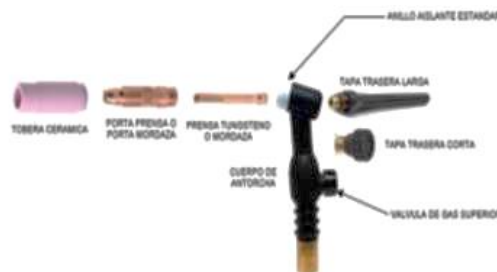
**Figura 2- 13:** Fuente de poder para TIG

**Fuente:** Lincoln Electric

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

**Antorcha.** La antorcha sujeta al electrodo el cual conduce el gas protector y la corriente hacia el arco. Estas se enfrían por agua o aire, dependiendo del amperaje usado para soldar. (Oerlikon, pág. 37).

La figura 14-2 muestra un despiece de una antorcha usada para el proceso TIG, ahí podemos observar cada uno de sus componentes.



**Figura 2- 14:** Antorcha TIG con sus componentes

**Fuente:** Arco Weld

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

**El Gas de Protección.** El Argón es el más usado porque es más fácil obtener, es más pesado que el helio, y proporciona una mejor protección a menor precio. (Oerlikon, 2018, p.37).

La figura 2-15 muestra una serie de boquillas de material cerámico, las cuales son usadas para el proceso TIG, además podemos notar que de la forma que tenga la boquilla depende la difusión del gas de protección.



**Figura 2- 15:** Difusión del gas según el tipo de boquilla

**Fuente:** Arco Weld

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

**Los electrodos.** Estos son de tungsteno, con ciertas aleaciones. Tienen un punto de fusión muy elevado (6170° F), se reconocen por código de color, vienen en varios diámetros, y en distintas longitudes. (Oerlikon, 2018, p.37).

La figura 2-16 muestra los electrodos de tungsteno usados en el proceso TIG, los cuales se identifican según su color.



**Figura 2- 16:** Electrodos de Tungsteno para TIG

**Fuente:** Inmaterial

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

**El Material de aporte.** El manual de Oerlikon (2018, p.37) dice que: “la composición del metal de aporte debe ser adecuada para el metal base. Los diámetros de las varillas dependen del espesor del metal base y del amperaje usado”.

La figura 2-17 muestra las varillas de aporte para acero inoxidable, las cuales se usan para el proceso TIG.



**Figura 2- 17:** Varillas de aporte para proceso TIG

**Fuente:** De máquinas y herramientas

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

- **Aplicaciones y utilidades del proceso GTAW:** Es muy útil en espesores delgados; no produce sobre montas, ni escoria, ni salpicaduras; mantiene el arco con bajos amperajes, se puede soldar sin preparar los bordes, controlar la penetración, y minimizar deformaciones; también se obtienen soldaduras similares al metal base. (Perú Welders, 2020).

### 2.3.1.5 Proceso mixto



**Figura 2- 18:** Desarrollo del proceso mixto

**Fuente:** Perú Welders

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

Es la combinación de los procesos: GTAW/SMAW u GTAW/FCAW, se usa en trabajos de gran demanda y responsabilidad, como en el caso de tuberías y recipientes de presión. (Perú Welders, 2020).

- **Aplicaciones y utilidades del proceso mixto:** Se usa en proyectos de gran envergadura en el campo industrial de Oíl & Gas, minero, energético, transporte y comunicación y afines. (Perú Welders, 2020).

### 2.3.1.6 Proceso SAW



**Figura 2- 19:** Soldadura de arco sumergido

**Fuente:** The Fabricator

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El trabajo especializado de Oerlikon (2018, p.31), menciona que: “el proceso SAW (Submerged Arc Welding) es similar a la de arco manual; donde el electrodo se reemplaza por alambre continuo, y el arco se cubre con polvo granular, que cumple la función de revestimiento”.

- **Equipo para el proceso SAW.** Este debe incluir los siguientes componentes:

**Máquina de soldar.** Es una fuente de poder de CA o de CC con voltaje o corriente constantes, las cuales entregan de 200 a 1200 Amperios y tienen un ciclo de trabajo elevado. (Oerlikon, 2018, p.31).

**El alimentador de alambre.** Conduce el alambre hacia el arco manteniendo el voltaje constante, el sistema de control también permite iniciar el arco, y controlar la velocidad de avance. (Oerlikon, 2018, p.32).

**La pistola.** Alimenta de alambre al arco e incorpora una tolva, que proporciona el flujo de fundente el cual es colocado en el área de soldadura. (Oerlikon, 2018, p.32).

**El alambre.** El manual de Oerlikon (2018, p.32), describe al alambre como “macizo con un recubrimiento protector, de cobre para elevar la conductividad eléctrica e impedir la oxidación”.

- **Aplicaciones y utilidades del proceso SAW:** Permite una máxima velocidad de depósito; se puede soldar piezas de mediano y alto espesor, además, de usarse en el relleno de piezas industriales y la aplicación de recubrimientos duros en elementos de maquinaria pesada. (ESAB, 2020).

### 2.3.2 Soldadura por Oxigas

Para este tipo de procesos de soldadura el oxígeno, en combinación con otros gases combustibles como: acetileno, propano-butano, gas natural, propileno, etc. Sin embargo, se prefiere el Acetileno debido a su capacidad de alcanzar temperaturas más elevadas, por lo cual es más usado el proceso OAW.

#### 2.3.2.1 Proceso OAW

El proceso OAW (Oxiacetilene Arc Welding) conocido también como soldadura autógena es muy usual dentro del área de mantenimiento y en procesos de enderezado. Es un método muy versátil y sencillo debidos a la simplicidad de su equipo.



**Figura 2- 20:** Desarrollo del proceso OAW

Fuente: Copsol Welding

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

En este proceso se usa una llama con aprox. 3100 ° C, obtenida por la mezcla de acetileno y oxígeno, de forma tal que; la llama es neutra cuando los volúmenes de los dos gases son iguales, es carburante cuando se aumenta el acetileno, y es oxidante cuando se aumenta el oxígeno, la figura 2-21 muestra el tipo de llama según su color. El trabajo especializado de Oerlikon (2018, pp.38-39), manifiesta que; “el metal base no se funde, pero el metal de aporte fluye fundido y penetra en las superficies por capilaridad, con lo que se produce una liga de alta resistencia debido a que: el metal de aporte abre hasta cierto punto la estructura granular del metal base y entra en los límites del grano, produciéndose una ligera interrelación entre el metal base y el de aporte”.



**Figura 2- 21:** Desarrollo del proceso OAW

Fuente: Inge mecánica

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

- **Equipo para el proceso OAW.** Este debe incluir los siguientes elementos y materiales:

**Soplete.** Se usa para soldar y cortar, los gases se mezclan dentro del soplete, donde una válvula de aguja con tornillo de mariposa controla la cantidad de gases que entran en la cámara mezcladora. Para el corte una válvula de palanca controla el flujo de oxígeno. (Oerlikon, 2018, p.40).

**Reguladores de gas.** Mantienen la presión constante, asegurando un volumen estable e igual calidad de llama. La mayoría de los reguladores son de dos graduaciones y tienen dos medidores; uno indica la presión en el cilindro y el otro la presión que entra en la manguera. (Oerlikon, 2018, p.40).

**Mangueras de gas.** La manguera verde es del oxígeno, y la roja del acetileno. Las conexiones de oxígeno tienen las roscas hacia la derecha, y las de acetileno hacia la izquierda. (Oerlikon, 2018, p.40).

**Los gases.** Se usan oxígeno y acetileno, pero también se puede usar: hidrogeno, gas natural, propano, etc. Sin embargo el acetileno es el que mayor temperatura alcanza (3100° C), por ello es el ideal en este proceso (Oerlikon, 2018, p.40).

**Fundentes.** Sirven para disolver los óxidos que se forman en la superficie del metal durante el calentamiento, al fundirse humectan la superficie y sirven a su vez como indicador de temperatura para aplicar el material de aporte. (Oerlikon, 2018, p.40).

**Varillas de aporte.** El manual de Oerlikon (2018, p.40), menciona que “según el material base de usan varillas de: cobre puro, aleaciones a base de plata, aleaciones a base de cobre, aleaciones a base de aluminio, etc.”.

- **Aplicaciones y utilidades del proceso OAW:** Es portátil, económico, se usa en toda posición, y en espesores de hasta ¼; es útil en mantención, reparación, soldadura de cañerías; también para calentar, forjar, etc. (ESAB, 2020, p.1).

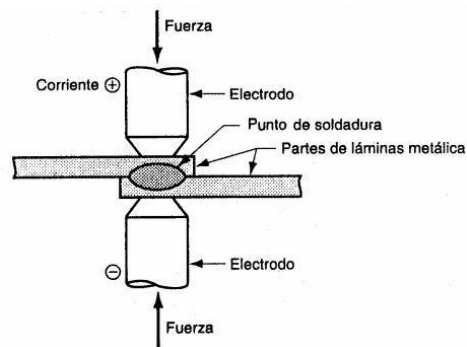
### 2.3.3 Soldadura por resistencia

El trabajo especializado de (Amada Weld Tech, 2021), lo conceptualiza como “un proceso termoeléctrico en el que se genera calor entre las piezas a unirse, al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la junta durante un tiempo determinado y bajo una presión controlada. Su nombre se debe a que la resistencia de las piezas, y los electrodos se usan en combinación o en

contra, para generar calor y realizar la unión”.

### 2.3.3.1 Proceso RSW

Es conocido como soldadura por puntos; en donde las piezas a soldar se encuentran una encima de otra, tocándose en forma de punto o línea, la corriente es suministrada por dos electrodos de contacto. Cuando se alcanza la temperatura de soldadura, las piezas se unen por puntos en el lugar de contacto de los electrodos, mediante la fuerza de estos. (Amada Weld Tech, 2021).



**Figura 2- 22:** Representación del proceso RSW

Fuente: MIPS A

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

A diferencia de la soldadura de arco, en este proceso no se usan gases de protección, fundentes, ni material de aporte. El procedimiento de unión consiste en: colocar la junta en las pinzas de sujeción; acercar los electrodos para permitir el paso de la corriente; contabilizar el tiempo de soldadura, el tiempo de forja, y el tiempo de enfriamiento; retirar la junta soldada. (MIPSA, 2021).

- **Equipo para el proceso RSW.** Consta de: un circuito eléctrico para conducir corriente a la junta; un sistema mecánico para sujetar las piezas y aplicar la fuerza a la soldadura; y un sistema de control para iniciar, cronometrar, y controlar la magnitud de la corriente, además de los tiempos del ciclo de soldadura. (MIPSA, 2021).



**Figura 2- 23:** Equipo para proceso RSW

Fuente: MIPS A

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

- **Aplicaciones y utilidades del proceso RSW:** Permite la unión exacta, y rápida, de una gran variedad de materiales como: chapas, perfiles, barras, piezas estampadas, cables, con una gran precisión. (Amada Weld Tech, 2021).

### 2.3.4 Soldadura fuerte

Se conoce también como "Brazing", en estos procesos el material de aporte se funde a una temperatura mayor a 450° C; por lo cual son métodos de soldeo muy versátiles, con uniones de gran resistencia a la unión, características superiores a las del metal base. La soldadura fuerte es recomendable en juntas de geometría lineal, porque el metal de aporte fluye de manera natural entre la línea de unión. (Inge mecánica, 2020).

#### 2.3.4.1 Soldadura fuerte con gas combustible



**Figura 2- 24:** Soldadura fuerte en tubería  
Fuente: FERREPRO  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

En este proceso se usa un soplete como fuente de calor; el procedimiento empieza con la aplicación del fundente sobre las superficies de las piezas, luego se enciende el soplete para calentar las piezas a unir, una vez alcanzada la temperatura correcta se rellena la zona de unión con el material de aporte fundido, el cual cae por gravedad y la acción del calor de la llama. Este procedimiento se usa para unir piezas de acero al carbono, acero inoxidable, aleaciones de níquel, fundiciones, titanio, aceros para herramientas, aluminio, latón, o piezas de cobre. (Inge mecánica, 2020).

### 2.3.5 Soldadura blanda

Se conoce también como "Soldering"; donde el material de aporte se funde a una temperatura menor a 450° C, estando por debajo del punto de fusión del metal base, proporciona menos energía que la soldadura fuerte, pero los métodos para calentar las piezas son similares. El material de aporte varía en función de las piezas a unir, siendo las aleaciones más usadas las de



estaño-plomo, estaño-plata y estaño-zinc. (Inge mecánica, 2020).

### 2.3.5.1 Soldadura blanda con soplete



**Figura 2- 25:** Soldadura blanda

Fuente: Inge mecánica

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

En este proceso se usa la llama de un soplete a gas; antes del calentamiento se debe limpiar las superficies a unir, luego se aplica el fundente para facilitar el mojado por parte del metal de aporte. Una vez encendida la llama, y cuando se alcanza la temperatura adecuada, se deposita el material de aporte fundido entre las partes a unir, el cual fluirá por capilaridad rellenando el espacio entre las piezas, finalmente se debe esperar que la soldadura se solidifique y esta quedara terminada. (Inge mecánica, 2020).

### 2.3.5.2 Soldadura blanda por inducción

Es el proceso más usado para unir componentes electrónicos, y de forma general debe usarse solo para uniones que no se van a someter a esfuerzos y temperaturas altas. Debido a esto, la soldadura blanda se usa en instalaciones de: agua potable, calefacción solar y de gas a baja presión. En dichas instalaciones la temperatura de servicio no debe superar los 120° C. (Inge mecánica, 2020).

## 2.3.6 Procesos afines

### 2.3.6.1 Oxicorte

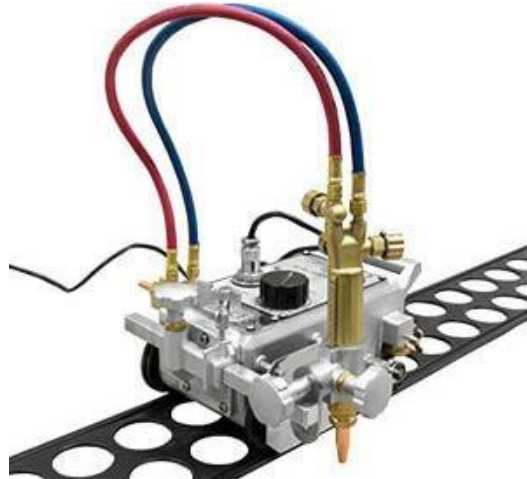


**Figura 2- 26:** Desarrollo del oxicorte

Fuente: INDURA S.A.

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Es un procedimiento auxiliar de la soldadura, el cual se puede cortar metales por combustión local y con la acción de un chorro de oxígeno, para ello el metal se debe calentar (oxidar) bajo una atmósfera adecuada (proyección de oxígeno puro), con lo que se consigue su quemado violento, posteriormente se usará la presión del oxígeno para dar lugar al corte. Este proceso tiene una gran aplicación en aceros al carbono y de baja aleación. (Inge mecánica, 2020).



**Figura 2- 27:** Equipo de oxicorte automático

**Fuente:** Grupo INFRA S.A.

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El equipo empleado es muy similar al de soldadura oxiacetilénica, donde la boquilla del soplete tiene una disposición especial para canalizar el oxígeno por un lado y la mezcla (Oxígeno - Acetileno) por el otro. Este proceso puede ser automatizado, lo cual mejora significativamente la precisión y la velocidad de corte. (Inge mecánica, 2020).

### 2.3.6.2 Corte por plasma



**Figura 2- 28:** Corte por arco de plasma

**Fuente:** INDURA S.A.

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

Es conocido también como PAC (Plasma Arc Cutting), este proceso separa metal usando un arco de 10 000 a 14 000°C, para fundir el área de la pieza y eliminar el material fundido con un chorro

de gas ionizado a alta velocidad. Produce una baja afectación térmica por lo cual las deformaciones son mínimas, permite espesores de corte de 0.5 a 160 mm, biselados de hasta 30 mm, además de alta calidad y buen acabado. (Ecu Red, 2020).



**Figura 2- 29:** Cortadora de Plasma  
**Fuente:** TELWIN  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El equipo consta de un generador eléctrico de alta frecuencia, gas para producir la llama de calentamiento, la que posteriormente se ionizará, electrodo y porta-electrodo que según el gas puede ser de tungsteno, hafnio o circonio, además de la pieza a cortar. (Ecu Red, 2020).

#### **2.4 Inspección de soldadura**

Toda junta soldada debe cumplir con su función ser realizada al menor costo posible, lo que incluye ahorros en el tiempo de soldadura y el material de aporte, etc. El desarrollo de la soldadura requiere de procedimientos adecuados, e inspección de las juntas soldadas. El trabajo especializado de (Oerlikon, 2018, p. 74), dice que: “el inspector debe ser capaz de juzgar una junta, reconocer sus fallas, e identificar las causas y soluciones; la inspección puede ejecutarse durante la soldadura, y al término de esta”.

- **Inspección durante el proceso.** Comprende la comprobación de los siguientes aspectos: preparación de los bordes, tipo de electrodo y diámetro de este, rangos de Amperaje, velocidad de avance de la soldadura. (Oerlikon, 2018, p. 74).
- **Inspección al término del proceso.** Se basa en la observación del aspecto del cordón, teniendo en cuenta los siguientes factores: Ausencia de socavaciones; ausencia de grietas; cordón sin sobre montas, porosidades e inclusiones de escoria, además de un ancho y ondulación uniformes, y con el espesor adecuado. Estas fallas pueden deberse a: Polaridad, mala preparación de la junta, amperaje inadecuado, velocidad de avance inapropiada, etc. Para determinar la sanidad de la junta se usan una serie de ensayos de laboratorio normalizados. (Oerlikon, 2018, p. 74).

### 2.4.1 *Discontinuidades en las uniones soldadas*

Una discontinuidad es la interrupción de la estructura típica de una unión soldada, como la falta de homogeneidad en las características mecánicas, metalúrgicas, o físicas de la soldadura; las discontinuidades se rechazan cuando exceden los requerimientos de las especificaciones en términos del tipo, tamaño, distribución, o ubicación. Una discontinuidad rechazable es llamada defecto, debido a que no cumple con los criterios de aceptación prescritos. (AWS B1 11, 2014, p.2).

Entre las discontinuidades de las juntas soldadas podemos mencionar a las siguientes:

#### 2.4.1.1 *Porosidad*



**Figura 2- 30:** Porosidades en el cordón de soldadura

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Son discontinuidades esféricas o cilíndricas formadas por gas atrapado durante la solidificación, e indican que el proceso de soldadura no está siendo apropiadamente controlado, o que el metal base o metal de aporte está contaminado, o que el metal base es de una composición incompatible con el metal de aporte de la soldadura y el proceso. (AWS B1.11, 2014, p.3).

#### 2.4.1.2 *Fusión incompleta*



**Figura 2- 31:** Fusión incompleta en una junta soldada

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Se produce cuando la fusión no ocurre entre las superficies del metal base y los pasos de soldadura, esta puede ser el resultado de calor insuficiente o la manipulación inadecuada del electrodo. Se puede asociar tanto a la técnica de soldadura, como también a la presencia de

contaminantes. (AWS B1.11, 2014, p.4).

#### **2.4.1.3 Penetración incompleta**



**Figura 2- 32:** Penetración incompleta en una junta soldada

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Se produce cuando la penetración del metal de soldadura que no se extiende por todo el espesor del metal base en una junta soldada en canal; esta puede resultar del: calor insuficiente, control inapropiado del arco, o de una inapropiada configuración de la junta. Algunos procesos de soldadura tienen más habilidad de penetración que otros, por lo cual deberían ser seleccionados para los pases de raíz de manera especial en las juntas de tubería. (AWS B1.11, 2014, p.6).

#### **2.4.1.4 Socavación**



**Figura 2- 33:** Socavados en una junta de soldadura

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

La socavación crea una transición la cual debe ser evaluada para la reducción en la sección transversal, y para la concentración de tensiones cuando la fatiga es una consideración. Es una discontinuidad; que, controlada dentro los límites de la especificación, no se considerada un defecto en la soldadura, se asocia con técnicas inapropiadas o parámetros de amperaje o voltaje excesivos. (AWS B1.11, 2014, p.7).

#### **2.4.1.5 Falta de llenado**

Es una depresión en la cara de la soldadura o superficie de la raíz, dónde éstas se extienden por debajo de la superficie adyacente del metal base. Se define como una condición donde el espesor de la soldadura es menor que el espesor del metal base adyacente, y es el resultado de la falla del soldador u operario de soldadura. (AWS B1.11, 2014, p.8).

#### **2.4.1.6 Traslape**

El traslape es la sobre posición del metal de aporte hacia el pie de la soldadura, o la raíz de esta. Puede resultar de un mal control del proceso de soldadura, selección inapropiada de los materiales de soldadura, preparación inadecuada de los materiales, u óxidos adheridos en el metal base que interfieren con la fusión. (AWS B1 11, 2014, p.8).

#### **2.4.1.7 Fisuras**



**Figura 2- 34:** Fisuras en un cordón de soldadura

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Se producen antes o después de la solidificación de la soldadura, cuando las tensiones localizadas exceden la resistencia máxima del material; se asocia con la amplificación de las tensiones cerca de las discontinuidades en la soldadura y en el metal base, o entallas cercanas asociadas con el diseño de la junta. (AWS B1.11, 2014, pp. 9-14).

#### **2.4.1.8 Inclusiones de escoria**



**Figura 2- 35:** Inclusión de escoria en un cordón de soldadura

Fuente: AWS B1.11

Realizado por: Borja, Darío; 2020.

Son sólidos no metálicos atrapados en el metal de soldadura, lo que puede resultar en una condición de debilidad durante el servicio de un componente. Al igual que la fusión incompleta, la inclusión de escoria puede aparecer entre el metal de aporte y el metal base o entre pases. (AWS B1.11, 2014, p.14).

#### **2.4.1.9 Sobre monta**

Es el metal de aporte en exceso sobre una soldadura de canal, el cual no adiciona resistencia y amplifica las tensiones aplicadas; además que, tiende a producir un efecto de entalla significativo en el talón de la soldadura, el cual actúa como concentrador de esfuerzos y pueden producir fisuras durante el servicio. (AWS B1.11, 2014, p.14).

#### **2.4.1.10 Salpicaduras**

Son partículas expelidas durante la fusión y que se adhieren al metal adyacente a la soldadura, no se consideran una discontinuidad a menos que interfieran en operaciones como en los END. Sin embargo, pueden indicar que el proceso de soldeo está fuera de control. (AWS B1.11, 2014, p.16).

#### **2.4.1.11 Golpes de arco**

Es una discontinuidad que aparece cuando el arco es iniciado accidentalmente, en la superficie del metal base y lejos del área donde debería estar la junta soldada, lo cual puede ocasionar fisuración durante el enfriamiento, o bajo condiciones de fatiga. (AWS B1.11, 2014, 16).

### **2.5 Ensayos No Destructivos**

Son pruebas realizadas a un material, las cuales no alteran sus propiedades mecánicas, físicas, o químicas. Permiten detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes y partes fabricadas. Son menos costosos, imperceptibles, verifican la homogeneidad y continuidad del material. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.1).

La aplicación de ensayos no destructivos está resumida en 3 grupos que son:

- *La Metrología.* Es controlar los espesores de un solo lado, medir espesores de recubrimiento, y niveles de llenado. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.2).
- *La Defectología.* Es detectar discontinuidades, evaluar corrosión y deterioro, determinar tensiones, y detectar fugas. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.2).
- *La Caracterización.* Es evaluar las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; además de: propiedades físicas, transferencia de calor, y trazado de isotermas. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.2).

Entre los END aplicables la soldadura tenemos los siguientes:

### 2.5.1 Inspección Visual

Esta es la principal actividad desarrollada por el CWI, para lo cual el este debe estar plenamente capacitado, tanto en uso de los instrumentos de inspección como en los criterios de aceptación establecidos en los diferentes códigos, es fundamental que el CWI posea una buena visión ya sea natural o corregida, por lo que debe realizarse exámenes de vista como mínimo una vez al año.



**Figura 2- 36:** Inspección visual en soldadura  
**Fuente:** Ingeniero de caminos  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

Es una secuencia de operaciones realizada en el proceso productivo; inicia con la recepción de materiales, continua durante el proceso de soldadura, y finaliza cuando el inspector examina y señala las zonas a reparar, y llena el informe de inspección. El método se caracteriza por: identificar materiales que no cumplen su especificación; realizarse siempre, incluso cuando están previstos otros ensayos; reducir la necesidad de ensayos posteriores; facilitar la corrección de los defectos de fabricación, evitando su posterior rechazo. Para ello se usan instrumentos como: cintas métricas, reglas, escuadras, calibradores, galgas, equipos para medir temperatura o presión, linternas, lupas, espejos, etc. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, pp.3-4).

La Tabla 1-2 muestra las principales características del método de inspección visual, en donde se incluyen; ventajas, desventajas, y aplicaciones.

**Tabla 2- 1:** Características de la inspecc

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Simple de usar en áreas donde otros métodos son impracticables.	Fiabilidad dependiente de la habilidad y la experiencia del operario.	Detección de daños superficiales, discontinuidades o daños estructurales en todos los materiales.
Ayudas ópticas mejoran el método.	Requiere accesibilidad para visibilidad directa de la zona.	

**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

### 2.5.2 Tintas Penetrantes

Este método consiste en la aplicación de un líquido sobre la superficie de la pieza, el cual penetra por capilaridad en las imperfecciones de la soldadura. Una vez limpiado el exceso, se hará



evidente el que ha sido retenido por las imperfecciones. La figura 23-2 muestra las imperfecciones en una soldadura. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.5).



**Figura 2- 37:** Ensayo de tintas penetrantes  
**Fuente:** Asmesol  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El desarrollo del ensayo consta de los siguientes pasos: Limpieza inicial de la pieza, aplicación del líquido penetrante, medida del tiempo de penetración, eliminación del líquido sobrante, aplicación del líquido revelador, examen de la pieza, limpieza final de la pieza. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.5).



**Figura 2- 38:** Discontinuidades en la soldadura  
**Fuente:** Aeisa  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

La Tabla 2-2 muestra detalladamente las principales características del método de tintas penetrantes, incluyendo: ventajas, desventajas, y aplicaciones.

**Tabla 2- 2:** Características de las tintas penetrantes

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Aplicaciones</b>
Simple de usar, preciso y fácil de interpretar.	Permite detectar solo discontinuidades superficiales	Detección de grietas superficiales en todos los metales.

**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

### 2.5.3 Ultrasonido



**Figura 2- 39:** Análisis de un cupón de prueba con ultrasonido  
**Fuente:** Monitoreo condición  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

El equipo usado es capaz de generar, emitir y captar haces de ondas sujetas a las leyes de reflexión, al encontrar un cambio en las propiedades físicas del medio en que estas se propagan. Al ser captadas, son analizadas con la determinación del tiempo transcurrido desde su emisión hasta su recepción, con ello se puede determinar la distancia recorrida, al ser la velocidad previamente establecida. Durante el desarrollo de la inspección un haz sónico de alta frecuencia (125 KHz a 20 MHz), circula por el material inspeccionado con el objetivo de detectar discontinuidades internas y superficiales (fisuras, inclusiones, etc.); el sonido que atraviesa por el material es reflejado por las interfaces, con lo cual es detectado y posteriormente analizado para poder determinar la presencia y la localización de discontinuidades. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.7).

La Tabla 2-3 muestra las principales características del método de ultrasonido, incluyendo: ventajas, desventajas, y aplicaciones.

**Tabla 2- 3:** Características del ultrasonido

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Alta precisión transportable y alta sensibilidad.	Se requieren patrones para ajustar el instrumento. Además de operadores entrenados, y corriente externa.	Detección de discontinuidades en la superficie y cerca de la superficie mediante técnicas de pulsos y ecos.
Rápido y fácil de operar. Resultados inmediatos.	La orientación de la grieta debe ser conocida para seleccionar el tipo de onda usada.	

### 2.5.4 Partículas Magnéticas



**Figura 2- 40:** Ensayo de partículas magnéticas  
**Fuente:** Llogsa  
**Realizado por:** Borja, Darío, 2020.

El ensayo consta de tres fases: magnetización de la zona a observar, aplicación de las partículas magnéticas, y la observación de las indicaciones; es decir que la pieza se somete a una magnetización y espolvoreo de finas partículas ferromagnéticas, de esta forma se pueden detectar discontinuidades presentes en la superficie y debajo de la superficie, en materiales ferromagnéticos. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, pp.7-8).

La Tabla 2-4 muestra las características principales del método de partículas magnéticas, incluyendo: ventajas, desventajas, y aplicaciones.

**Tabla 2- 4:** Características de las partículas magnéticas

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
El flujo magnético debe ser normal al plano del efecto.  Las piezas deben ser limpiadas antes y desmagnetizadas después.	Método simple, fácil, portátil, y rápido.	Detección de discontinuidades en materiales ferromagnéticos de cualquier tipo, en la superficie o cerca de esta.

**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

### 2.5.5 Corrientes Inducidas



**Figura 2- 41:** Ensayo de corrientes inducidas

**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

Se basa en los cambios de impedancia inducidos en un material conductor, consiste en pasar una corriente alterna por un solenoide, que genera un campo magnético, y al colocar la pieza en dirección perpendicular a dicho campo, se generan corrientes inducidas circulares. Los defectos de la pieza interrumpen dichas corrientes, por lo que el campo magnético se reduce, lo cual permite detectar discontinuidades. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, p.9).

La Tabla 2-5 muestra las características principales del método de corrientes inducidas, incluyendo: ventajas, desventajas, y aplicaciones.

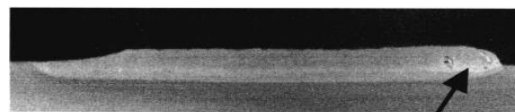
**Tabla 2- 5:** Características de las corrientes inducidas

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema rápido, sensible, y portable.</li> <li>• Útil para chequeo de taladros de unión para la localización de grietas.</li> <li>• Detecta fácilmente fisuras.</li> <li>• Se puede actuar a tiempo y de forma precisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensible a combinaciones y variaciones de material.</li> <li>• Requiere de probetas especiales para cada aplicación.</li> <li>• El equipo es complejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de la conductividad para detectar áreas dañadas por el fuego.</li> <li>• Detección de discontinuidades en superficies, grietas, corrosión intergranular, y tratamientos térmicos.</li> <li>• Intercambiadores de calor, fuselaje de aviones.</li> </ul>

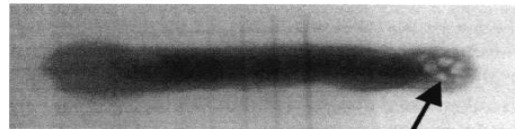
**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

### 2.5.6 Rayos X



La porosidad en grupo (sopladuras) apareció en la sección transversal de un cordón de soldadura



La porosidad en grupo (sopladuras) apareció en una radiografía de un cordón de soldadura

**Figura 2- 42:** Porosidades en la placa radiográfica

**Fuente:** Kobelco Welding

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

Se usa para detectar variaciones en la región de un material, que presenta diferencias en espesor o densidad comparada con una región vecina. Los defectos como: grietas, bolsas, inclusiones, etc., de distintas densidades, absorben la radiación en distinta proporción que el material base, con lo cual generan detalles de contraste claro-oscuro, en la placa radiográfica. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, pp.10-11).

La Tabla 2-6 muestra las características más importantes del método de Rayos X, incluyendo: ventajas, desventajas, y aplicaciones.

**Tabla 2- 6:** Características de los rayos X

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
<p>Es muy sensible y proporciona una impresión en película. No requiere desarmado de piezas.</p>	<p>Requiere de corriente externa. Peligro de radiación. Requiere equipamiento especial para situar el tubo de rayos X y la película. Se necesita de personal entrenado y equipos de tratamiento de imágenes.</p>	<p>Detección de flujos internos y discontinuidades como: grietas, corrosión, variaciones de espesor e inclusiones.</p>

**Fuente:** Federación de Enseñanza de Andalucía

**Realizado por:** Borja, Darío; 2020.

## 2.6 Ensayos Destructivos

Entre los métodos de ensayo más usuales podemos mencionar a los siguientes:

### 2.6.1 *Ensayo de dobléz*



**Figura 2- 43:** Prueba de doblado

Fuente: INISSA S.A.

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Es usado en la calificación de soldadores, revela la ductilidad de la junta al resistir el desgarre en la superficie de tracción. Consiste en aplicar a la probeta una fuerza constante, doblándola en forma de U en el centro de la soldadura, con lo cual el metal aporte y la zona afectada por el calor quedan en la sección curvada para su evaluación; en esta se determina la calidad de la soldadura y el material, y su capacidad para resistir el agrietamiento; es un ensayo cualitativo y los métodos usados son: AWS D1.1, AWS B4.0, BPVC Sección IX, API 1104. (West Arco, 2020, p.7).

Existen ensayos de dobléz de cara, raíz, y lado; maquinas usadas para ello son de: Doblez guiado estándar, dobléz guiado con rodillo, y dobléz guiado mediante enrollado. (West Arco, 2020, p.7).

### 2.6.2 *Ensayo de tracción*

Proporciona información sobre la resistencia y la ductilidad del material bajo esfuerzo de tracción, en la soldadura se usa con el metal base y el de aporte para evaluar su resistencia a la tracción. Los métodos de ensayo son: ASTM E8; ASTM A370; AWS D1.1; AWS B4.0; BPVC Sección IX; API 1104. (West Arco, 2020, p.6).

### 2.6.3 *Ensayo de rotura de filete*



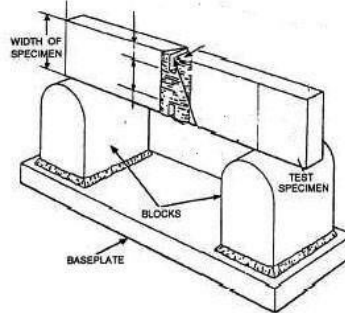
**Figura 2- 44:** Ensayo de rotura de filete

Fuente: West Arco

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Se usa para determinar la sanidad de una junta de filete, es una prueba cualitativa con la aceptación determinada, por la extensión y naturaleza de las discontinuidades, para el ensayo la probeta es aplastada en la raíz de la soldadura hasta que se fracturó o se doble, cuando se fractura la superficie se debe examinar visualmente, y evaluarla según los criterios de la norma. Los métodos de ensayo son: AWS D1.1; AWS B4.0; BPVC Sección IX; API 1104. (West Arco, 2020, p.13).

#### 2.6.4 *Ensayo de rotura Nick Break*



**Figura 2- 45:** Ensayo Nick Break

**Fuente:** CABRING

**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

Se usa para evaluar la técnica y los parámetros de soldadura necesarios, para obtener una junta de filete o ranura sana. No importa la magnitud de la carga para la fractura, pero la superficie fracturada se debe examinar visualmente en busca de discontinuidades, como: penetración y fusión incompleta, porosidad, grietas, e inclusiones de escoria, este es un ensayo cualitativo. Los métodos de ensayo son: AWS B4.0, API 1104. (West Arco, 2020, p.8).

#### 2.6.5 *Ensayo de impacto*

El ensayo de Charpy es una prueba de tenacidad a la fractura, para ello se usa una probeta con entalla a diferentes temperaturas; donde el procedimiento y el proceso de soldadura tienen un efecto significativo en las propiedades mecánicas de la junta. La probeta debe representar el: desempeño estructural, proceso de soldadura, enfriamiento de la soldadura, y una función del espesor. Los métodos de ensayo son: ASTM A370, ASTM E23. (West Arco, 2020, p.9).

#### 2.6.6 *Ensayo de macroataque*

Consiste en observar la sección transversal de la probeta, la cual requiere un acabado adecuado, y un ataque químico; para mostrar una clara definición del metal de soldadura, y la zona afectada por el calor. Se realiza para determinar la sanidad de la junta, y la geometría del metal de soldadura. Es un ensayo cualitativo y los métodos son: AWS D1.1; AWS B4.0; BPVC Sección IX; API 1104. (West Arco, 2020, p.12).

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio según lo define Niño (2021, p.31) es una investigación de tipo explicativo, debido a que: “averigua las causas de las cosas, hechos o fenómenos de la realidad. La explicación es un proceso que va mucho más allá de la simple descripción de un objeto”; por ende, buscamos conocer a profundidad las capacidades y competencias de los profesionales CWI.

Para desarrollar el análisis de las competencias y capacidades de los inspectores CWI utilizamos un enfoque cualitativo, debido a que no se tiene que estudiar cantidades, ni tampoco medir, o calcular variables con referencia a magnitudes según (Niño, 2021, p. 29). Para el análisis mediante el enfoque cualitativo se utiliza el sondeo rápido<sup>1</sup>, con el contacto en redes sociales en donde los inspectores y estudiantes participan en una encuesta cerrada<sup>2</sup> programada en Google Forms.

La encuesta es definida según Niño (2021, p.63) como “una técnica que permite la recolección de datos proporcionados por individuos de una población, o más comúnmente de una muestra de ella, para identificar sus opiniones, apreciaciones, puntos de vista, actitudes, intereses o experiencias, entre otros aspectos, mediante la aplicación de cuestionarios, técnicamente diseñados para tal fin”. Por lo tanto, es un elemento adecuado para involucrar activamente al grupo de análisis, es decir a la muestra de estudio, como son los Inspectores de Soldadura Certificados-CWI; y, a estudiantes, egresados y graduados de la Facultad de Mecánica de la Escuela Politécnica de Chimborazo -ESPOCH. También utilizamos la técnica documental para la recolección de información; según Niño (2021, p.93), esta técnica “aprovecha una gran variedad de fuentes escritas, auditivas, video gráficas, etc.”.

De tal manera que, en este estudio utilizamos el muestreo no probabilístico porque según Niño (2021, p.57), “es la técnica que permite seleccionar muestras con una clara intención o por un criterio preestablecido”. También se incorpora el muestreo por expertos, ya que según el mismo autor (Niño, 2021, p.57), “se pide la intervención de personas autorizadas o que por su conocimiento pueden elegir la muestra con acierto”.

Adicionalmente, debido a que Niño (2021, p.107), menciona que “el acto de interpretar es atribuir un significado a una cosa y sustentarlo con otro lenguaje, es dar cuenta de la manera como se

---

<sup>1</sup> Una encuesta, cuando sólo se aplica a una fracción o muestra, puede llamarse sondeo.

<sup>2</sup> Las encuestas cerradas, son aquellas cuyas preguntas y respuestas son específicas y concisas.

entiende algo comunicado de antemano. Es cotejar, comparar, encontrar sentido”; para el procesamiento de datos se utilizan gráficos; y, para el análisis e interpretación un método de comparación tipo PUGH<sup>3</sup>, el cual nos permite evaluar cada una de las capacidades de los inspectores de soldadura relacionándolas con los resultados de las encuestas.

En conclusión, esta metodología permite un acercamiento con los valores, ideales, conocimientos, proyectos e intereses del grupo de estudio, para comprender el significado alrededor de sus dinámicas de trabajo. La metodología definida se centra en las vivencias profesionales como fuentes de información, siendo útil para realizar una investigación en el ámbito de emergencia sanitaria por la COVID-19, debido a los protocolos de seguridad implementados en el país.

### **3.1 Aplicación de encuestas a inspectores CWI y estudiantes de ingeniería**

Para el sondeo rápido se consideró un universo de 55 inspectores registrados en la Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones - SETEC de los últimos 3 años, de modo que se tomó una muestra significativa de 20 inspectores de soldadura certificados y calificados CWI, a un 95% de nivel de confianza y un margen de error de 18.

Adjunto el enlace de la encuesta en Google Forms:

ENCUESTA DIRIGIDA A INSPECTORES DE SOLDADURA  
CERTIFICADOS –CWI

LLENAR ENCUESTA: <https://forms.gle/YJwjzthjZKosv9LB6>.

Objetivo: Obtener información relevante relacionada con la Inspección de Soldadura en Ecuador, para analizar las capacidades de los CWI.

Los resultados se utilizarán en un trabajo de investigación, para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH.

También, es muy importante que Usted comparta el Enlace para que más profesionales CWI se sumen a la encuesta.

Muchas gracias por su valiosa colaboración. Atentamente;

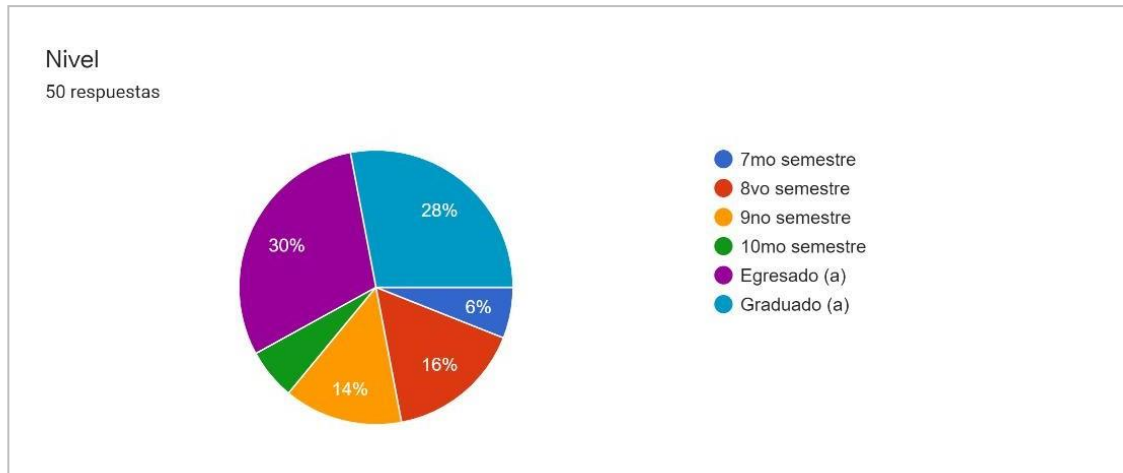
Darío Javier Borja

Además, se aplicó otra encuesta Online dirigida a estudiantes de séptimo semestre en adelante de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH; así como a sus egresados y graduados, donde se consideró un universo de 4660 la cual arroja 50 respuestas, con un margen de error de 14 y un nivel de confianza del 95%.

---

<sup>3</sup> Es una herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí.





**Gráfico 3- 1:** Nivel académico de los estudiantes encuestados  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Adjunto el enlace de la encuesta en Google Forms:

ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES, EGRESADOS Y GRADUADOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, ESPOCH - INSPECCIÓN DE SOLDADURA

LLENAR ENCUESTA: <https://forms.gle/JDQn671GHEmRX4rr5>.

OBJETIVO: Obtener información relevante relacionada con la Inspección de Soldadura, para analizar los conocimientos e intereses de estudiantes de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH (7mo a 10mo semestre); así como de sus egresados y graduados.

Los resultados se utilizarán en un trabajo de investigación, para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH.

También, es muy importante que Usted comparta el enlace para que más participantes se sumen a la encuesta.

Muchas gracias por su valiosa colaboración. Atentamente;

Darío Javier Borja

Se consultaron tanto a profesionales CWI como a estudiantes en los siguientes aspectos:

- Experiencia dentro del campo de la soldadura.
- Formación técnica en el país.
- Desempeño laboral del CWI.
- Calificaciones de desempeño y evaluaciones.
- Contribución al crecimiento económico del país.
- Programas que certifican profesionales CWI.

- Responsabilidad de los CWI en la capacitación de personal.
- Cantidad de inspectores certificados por los profesionales encuestados.
- Nivel del interés de los estudiantes, egresados y graduados de la ESPOCH en relación con la Inspección de Soldadura.

### **3.2 Detalle de capacidades del profesional CWI según API 1104 y AWS D1.1**

En esta sección se detallan de forma metodológica las capacidades del CWI, establecidas por AWS B5.1, y que se explican de forma detallada en las normativas API 1104 y AWS D1.1. Debido a que dichas capacidades son muy extensas, es necesario complementarlas con ciertos conceptos teóricos, para facilitar su comprensión y hacer más dinámico su entendimiento, que además incluye la profundización de conceptos en anexos.

#### **3.2.1 Conocimientos y habilidades**

Lo referente a conocimientos y habilidades es un tanto similar para las dos normativas; solo que API 1104 se aplica a la soldadura de tuberías del sector petrolero, y AWS D1.1 se aplica a la soldadura de estructuras metálicas.

- a) **Conocimientos y habilidades según API 1104.-** Según el estándar API 1104 (2013, p.1), el Inspector de Soldadura debe “conocer los métodos para producir soldaduras sanas, por medio de soldadores calificados, y con el uso de materiales y equipos apropiados. También debe usar métodos de inspección para el control de calidad en las soldaduras, mediante el empleo de técnicos calificados, y equipos aprobados. Los procesos de END, usados son: radiografía, partículas magnéticas, tintas penetrantes, ultrasonido, etc. Las soldaduras se aplican en juntas a tope y en filete, en tuberías de acero al carbono y baja aleación relacionadas con el sector petrolero. Las soldaduras se pueden realizar con técnicas manuales, semiautomáticas, o automáticas, ya sea en posición o rotación. Los procesos de soldadura aplicables son: SMAW, SAW, GMAW, GTAW, FCAW, PAW, OFW, FW, y combinaciones de estos”.
- b) **Conocimientos y habilidades según AWS D1.1.-** El profesional CWI debe conocer los requisitos para fabricar y montar estructuras de acero soldadas. Cuando el código AWS D1.1 se mencione en el contrato, se exigirá el cumplimiento de todas las disposiciones de este, excepto aquellas que se modifiquen específicamente. Entre los conocimientos y habilidades del CWI se encuentran: Procedimientos de soldadura,

requisitos para el diseño de conexiones soldadas, precalificación y calificación del WPS, requisitos de fabricación y montaje de estructuras de acero, criterios de aceptación y procedimientos para END, requisitos para soldadura de pernos, técnicas de refuerzo y reparación de estructuras, y requisitos para soldadura de estructuras tubulares. (AWS D1.1, 2015, p. 1).

### **3.2.2 Estándares**

- a) **Estándares según API 1104.-** El Profesional CWI debe estar plenamente familiarizado con los estándares de soldadura según API 1104, para lo cual debe tener conocimientos relacionados con: equipos de soldadura, tuberías y sus componentes, materiales de aporte y fundentes, gases de protección, etc.
- b) **Estándares según AWS D1.1.-** El Profesional CWI debe poseer muy buenos conocimientos en cuanto a los estándares de soldadura según AWS D1.1, para lo cual deberá dominar conceptos como: procedimientos de soldadura, material base, material de aporte y fundente, especificaciones para electrodos y consumibles, etc.

Más detalles, ver Anexo A.

### **3.2.3 Calificación del procedimiento**

- a) **Calificación del procedimiento según API 1104.-** Antes de iniciar el proceso de soldadura el Inspector, debe establecer y calificar una especificación detallada del procedimiento de soldadura, para demostrar que se pueden hacer soldaduras con propiedades mecánicas aceptables. La calidad de las soldaduras se debe demostrar mediante ensayos destructivos, estos procedimientos deberán cumplirse a menos que la compañía autorice un cambio. (API 1104, 2013, p. 10).
- b) **Calificación del procedimiento según AWS D1.1.-** El Inspector deberá tener mucha experiencia en: preparar el WPS, analizar las variables del WPS, precalificar el WPS, calificar el material base, calificar los procedimientos de soldadura, etc.

Más detalles, ver Anexo B.

### **3.2.4 Calificación de desempeño**

- a) **Calificación de desempeño según API 1104.-** En esta sección se incluye la calificación del personal de soldadura, para lo cual el Inspector API deberá tener en

cuenta; los métodos usados en la calificación, el desarrollo de la Inspección Visual en los cupones de prueba, el desarrollo de los ensayos destructivos y END, los criterios de aceptación para la prueba de calificación, los registros de calificación, etc.

- b) **Calificación de desempeño según AWS D1.1.-** Para que un Soldador sea calificado según AWS D1.1, debe realizar una soldadura en un cupón de prueba previamente calificado según el WPS, el cual será analizado posteriormente a la soldadura con lo cual debe cumplir con los criterios respectivos de aceptación del código, entonces se podrá determinar la idoneidad del Soldador en lo referente a realizar uniones sanas. La calificación del soldador se realiza tanto en soldaduras en ranura como en filete.

Más detalles, ver Anexo C.

### **3.2.5 Producción**

- a) **Producción según API 1104.-** Para las actividades relacionadas con la producción, el Inspector API deberá tener muy en cuenta aspectos tales como: diseño y preparación de las juntas, alineación de las juntas, biseles, posiciones de soldadura, precalentamiento y post calentamiento, limpieza de las soldaduras, condiciones meteorológicas, etc.
- b) **Producción según AWS D1.1.-** El profesional CWI que se desenvuelva dentro del campo de la producción, deber desarrollar habilidades y adquirir ciertas competencias en: selección del material base, calificación del WPS, y demás conceptos para la calificación del procedimiento.

Más detalles, ver Anexo D.

### **3.2.6 Inspección**

- a) **Inspección según API 1104.-** Esta es la actividad más importante desarrollada por el profesional CWI, por ello el Inspector API deberá tener muy en cuenta los aspectos esenciales para dicho trabajo, tales como; derechos de inspección y rechazo, métodos de inspección, criterios de aceptación, etc.
- b) **Inspección según AWS D1.1.-** Esta es la actividad más importante desarrollada por

el CWI, por lo cual el Inspector certificado según AWS, debe desarrollar adecuadamente sus capacidades, para poder demostrar su grado de competencia dentro del sector industrial.

Más detalles, ver Anexo E.

### **3.2.7 Seguridad**

Lo referente a temas de seguridad es similar para las dos normativas, por lo cual es necesario conocer todo lo que ello implica.

Los aspectos y cuestiones de seguridad y salud están fuera del alcance de las normativas API 1104 y AWS D1.1; por lo tanto, es completa responsabilidad del Inspector de Soldadura, el establecer practicas adecuadas de seguridad y salud, para ello deberá usar fuentes adicionales. Una de ellas es la ANSI Z49.1, *Seguridad de los procesos de soldadura, corte y afines*.

El CWI debe ser un profesional muy dinámico por lo cual debe estar en constante capacitación, para poder garantizar la seguridad de todo el personal que labora en la obra, para ello debe participar en seminarios, cursos, maestrías y otras actividades relacionadas con la Seguridad en Higiene Industrial. Se recomienda que el profesional CWI adquiera constantes capacitaciones, en el campo de la Seguridad e Higiene industrial; para garantizar la seguridad del personal que labora dentro del campo de la soldadura.

### **3.2.8 Control de calidad**

- a) **Control de calidad según API 1104.-** Esta es una actividad muy importante dentro de laproducción de elementos soldados, lo cual permite aceptar o rechazar tanto una junta como un lote de juntas, por lo cual el Inspector API deberá tener mucha experiencia en este campo, además de tomar muy en cuenta aspectos como: derechos de inspección y rechazo, los distintos tipos de rechazos.
  
- b) **Control de calidad según AWS D1.1.-** Esta es una actividad muy importante dentro de la Industria, ya que permite aceptar o rechazar un elemento o un lote de elementos que han sido unidos mediante soldadura, por lo cual el Inspector deberá desarrollar sus competencias para realizar dicha actividad.

Más detalles, ver Anexo F.

### **3.2.9 Gestión de proyectos**

La gestión de proyectos es muy importante dentro del campo de la soldadura, por lo cual se debe conocer todos los aspectos que son necesarios, para gestionar de forma adecuada el desarrollo de proyectos tanto en API 1104 como en AWS D1.1.

La soldadura es interdisciplinaria y muy compleja, involucra la metalurgia, termodinámica, electricidad, y la habilidad del soldador, entonces: *Una especificación de procedimiento, soportado por su correspondiente PQR, y el soldador calificado, es la garantía de calidad, pero sin dejar a un lado la seguridad y los elementos de protección personal.* Durante la gestión hay tres etapas que se pueden resumir como; previas: Especificaciones, procedimientos, calificación de procedimientos, calificación de soldadores; intermedias: inspección de soldaduras, ensayos no destructivos, liberación de soldaduras, “Weld maps”; finales: archivo y liberación de WPS, PQR, WPQ, mapas de soldadura, informes de ensayos no destructivos. (Came Educativa, 2016).

Más detalles, ver Anexo G.

### **3.2.10 Capacitación**

Lo referente a capacitación es similar en las dos normativas, por lo cual es necesario conocer todo lo que ello involucra.

El profesional de Inspección de Soldadura debe desenvolverse eficientemente en cuanto a capacitaciones; para ello debe renovar su certificación cada que sea necesario, a la vez que debe implementar programas para capacitar a los Inspectores de menor grado de certificación o CAWI, así estos pueden recertificarse y adquirir mayor experiencia, tanto dentro del campo de la inspección de soldadura, así como de los procesos, estándares, ensayos destructivos, END, etc.

El CWI también debe implementar programas para capacitar a Soldadores y operarios de soldadura; estos deben desarrollarse de forma constante para brindar los conocimientos necesarios a este sector del campo industrial.

El profesional CWI debe verificar que todo el personal involucrado en la Inspección de soldadura se encuentre calificado por su experiencia y tenga capacitación para las tareas de inspección que realizan. Sus certificaciones deben ser aceptadas y registradas por la compañía, donde se debe incluir: educación, experiencia, capacitación, exámenes de calificación. (API 1104, 2013, p. 37).

### **3.2.11 Evaluación**

Los aspectos referentes con la evaluación tanto a inspectores como al personal de soldadura, es un tanto similar en las dos normativas por lo que es necesario que el inspector se encuentre capacitado para su desarrollo. El profesional de Inspección de Soldadura o CWI, desarrollará de forma eficiente los programas necesarios para evaluar los conocimientos y experiencias de los Inspectores de menor grado de certificación o CAWI; para ello deberá trabajar de forma conjunta con las Instituciones autorizadas por la AWS, las cuales se encargan de evaluar los conocimientos y certificar a nuevos inspectores de soldadura, así como también a soldadores y operarios de soldadura.

El profesional CWI debe verificar que el personal encargado los END se encuentre certificado para el Nivel I, II o III, de conformidad con las recomendaciones de ASNT SNT – TC – 1 A, de ASNT ACCP u otro programa de certificación aceptado la compañía, solo el personal de Nivel II o III deberá interpretar los ensayos. Así mismo el Inspector debe mantener un registro de del personal de END certificado, el cual debe incluir: resultados de las pruebas de certificación, la institución que otorga la certificación, y la fecha de esta; también debe pedir que dicho personal sea recertificado cada 5 años. Además, debe asegurarse que el personal de END, posea una agudeza visual aceptable; con la capacidad de diferenciar claramente los colores, y leer la tabla de evaluación número 1 de Jaeger, a una distancia no menor a 12 pulgadas. Dichos exámenes deben ser realizados de forma periódica (API 1104, 2013, p. 37).

### **3.3 Formatos usados por los CWI según API 1104 y AWS D1.1**

El desarrollo de las actividades relacionadas con la inspección de soldadura requiere, que se maneje un registro detallado, de cada uno de los aspectos sin importar el grado de relevancia de estos; ya sea antes, durante, y después del procedimiento de soldadura. Para ello se usan diversos formatos los cuales se encuentran debidamente estandarizados, dentro de cada una de las normativas vigentes. A continuación, se presentan unos ejemplos prácticos en donde se puede evidencia de forma muy clara a la mayoría de los formatos, que son usados por los inspectores para la calificación y desarrollo de los procedimientos de soldadura, se muestra también la manera como estos deben ser llenados.

#### **3.3.1 Formato de WPS según AWS D1.1**

La figura 46-3 muestra un ejemplo práctico e ilustrativo de un formulario de WPS según la

Normativa AWS D1.1, en el cual podemos observar todas las variables requeridas, para el desarrollo del proceso de soldadura tales como: tipo de material base, tipo de material de aporte, rangos de voltaje y amperaje, espesores, posiciones de soldeo, desarrollo general del procedimiento, bosquejo de la junta, etc.

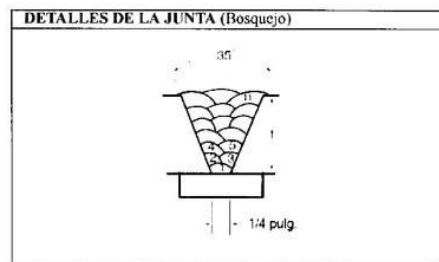
**ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)**

<b>RED Inc.</b>	<b>2010</b>	<b>0</b>	<b>12/01/2015</b>
Nombre de la compañía	N.º de WPS	N.º de rev.	Fecha
<b>J. Jones</b>	<b>231</b>		
Autorizado por	PQR(s) de respaldo	Informe CVN	

METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	AWS N.º de grupo
Material base	ASTM A131	A	I
Soldado a	ASTM A131	A	I
Material de respaldo	ASTM A131	A	I
Otro			

ESPEJOR DEL METAL BASE	Tal como se soldó	Con PWHT
Soldaduras en ranura con CJP	3/4-1-1/2 pulgadas	-
Ranura CJP c/CVN	-	-
Soldaduras en ranura con PJP	-	-
Soldaduras en filete	-	-
<b>DIAMETRO</b>	-	-

DETALLES DE LA JUNTA	
Tipo de ranura	Junta a tope de ranura en V individual
Angulo de la ranura	35º incluido
Abertura de la raíz	1/4 pulgada
Cara de la raíz	-
Ranurado del lado opuesto	Ninguno
Método	-



TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

PROCEDIMIENTO	
Capa(s) de soldadura	Todo
Pasada(s) de soldadura	Todo
Proceso	FCAW
Tipo ( <i>semiautomática, mecanizado, etc.</i> )	Semiautomático
Posición	OH
Progresión vertical	
Metal de aporte (espec. de AWS)	A5.20
Clasificación de AWS	E71T-1C
Diámetro	0,045 pulgadas
Fabricante/nombre comercial	-
Gas de protección (composición)	100% CO <sub>2</sub>
Caudal	45-55 cfh
Tamaño de la boquilla	#4
Temperatura de precalentamiento	60º min
Temperatura entre pasadas	60º-350º
Características eléctricas	-
Polaridad y tipo de corriente	DCEP
Modo de transferencia	-
Tipo de fuente de alimentación (cc, cv, etc.)	
Amperios	180-220
Voltios	25-26
Velocidad de alimentador de alambre	(Amperios)
Velocidad de avance	8-12 ipm
Entrada de calor máxima	-
Técnica	
cordón recto o cordón oscilado u ondulado	Recto
Pasada múltiple o única (por lado)	Pasada múltiple
Oscilación ( <i>mecanizada, automática</i> )	-
Número de electrodos	1
Dist. del tubo de contacto al trabajo	1/2-1 pulgadas
Martillado	Ninguno
Limpieza entre pasadas	Cepillo de alambre
Otro	-

Figura 3-46 : WPS según AWS D1.1

Fuente: AWS D1.1, 2015

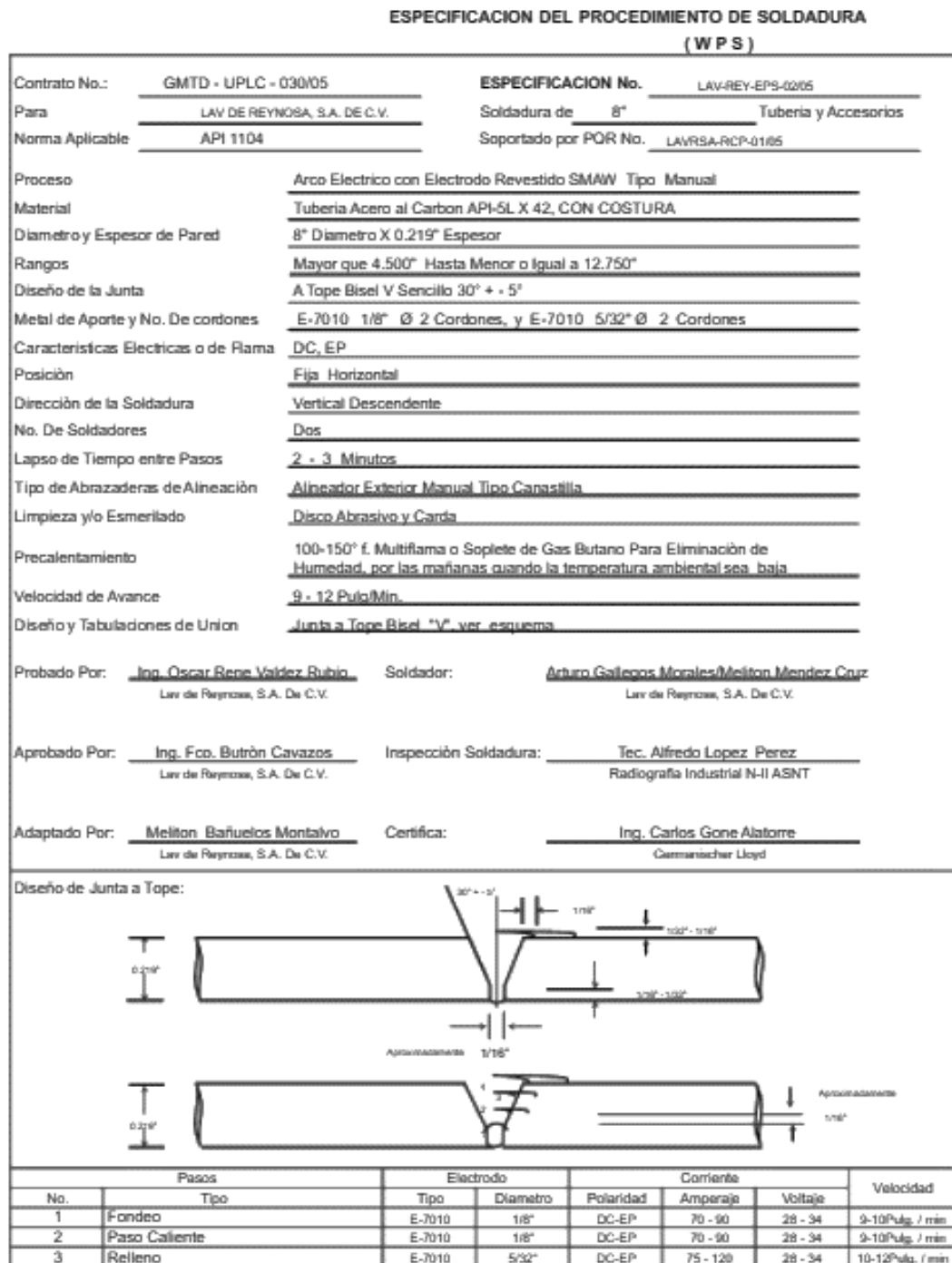
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

### 3.3.2 Formato de WPS según API 1104

La figura 47-3 muestra un ejemplo de WPS según API 1104, en el podemos observar de manera detallada cada una de las variables usadas para el proceso de soldadura como son; material base, material de aporte, espesor de la tubería, rango de amperajes, etc. Para



comprender de mejor manera el desarrollo de dicho formato; se recomienda consultar la sección de anexos del presentetrabajo donde se encuentra detallado un ejemplo práctico del documento que califica dicho formato como lo es el WPQ.



**Figura 3-47** : WPS para API 1104

Fuente: API 1104, 2013

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

### 3.3.3 Formato de PQR según AWS D1.1

Las figuras 48-3 y 49-3 muestran un ejemplo de PQR según AWS D1.1, en el cual se muestran

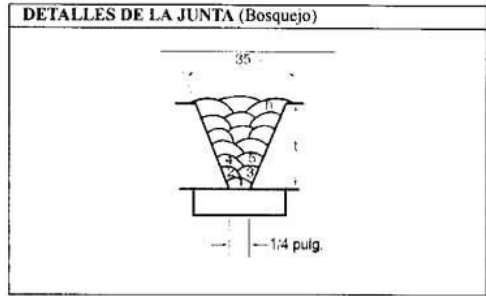
cada una de las variables a ser calificadas; lo cual es muy importante para la posterior calificación del WPS.

**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)**

Red Inc. 231  
 Nombre de la compañía N.º de PQR 0 01/18/2015  
N.º de rev Fecha

METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	AWS N.º de grupo	Espesor	Tamaño (NPS)	Programa	Diámetro
Material base	ASTM A131	A	I	1 pulgada	-	-	-
Soldado a	ASTM A131	A	I	1 pulgada	-	-	-
Material de respaldo	ASTM A131	A	I	1/4 pulgada	-	-	-
Otro							

DETALLES DE LA JUNTA	
Tipo de ranura	Junta a tope de ranura en V individual
Angulo de la ranura	35° incluido
Abertura de la raíz	1/4 pulgada
Cara de la raíz	-
Ranurado del lado opuesto	Ninguno
Método	-



TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA	
Temperatura	-
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

PROCEDIMIENTO						
Capa(s) de soldadura	-	-	-	-	-	-
Pasada(s) de soldadura	I	2-8	9-11	12-15	16	
Proceso	FCAW	FCAW	FCAW	FCAW	FCAW	
Tipo (semiautomático, mecanizado, etc.)	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático	
Posición	4G	4G	4G	4G	4G	
Progresión vertical	-	-	-	-	-	
Metal de aporte (espec. de AWS)	A5.20	A5.20	A5.20	A5.20	A5.20	
Clasificación de AWS	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C	
Diámetro	0,045 pulgadas	0,045 pulgadas	0,045 pulgadas	0,045 pulgadas	0,045 pulgadas	
Fabricante/nombre comercial	-	-	-	-	-	
Composición del gas de protección	100% CO <sub>2</sub>	100% CO <sub>2</sub>	100% CO <sub>2</sub>	100% CO <sub>2</sub>	100% CO <sub>2</sub>	
Caudal	45-55 cfh	45-55 cfh	45-55 cfh	45-55 cfh	45-55 cfh	
Tamaño de la boquilla	#4	#4	#4	#4	#4	
Temperatura de precalentamiento	75° min.	75° min.	75° min.	75° min.	75° min.	
Temperatura entre pasadas	75°-350°	75°-350°	75°-350°	75°-350°	75°-350°	
Características eléctricas	-	-	-	-	-	
Polaridad y tipo de corriente	DCEP	DCEP	DCEP	DCEP	DCEP	
Modo de transferencia (GMAW)	-	-	-	-	-	
Tipo de fuente de alimentación (cc, cv, etc.)	-	-	-	-	-	
Amperios	180	200	200	200	200	
Voltios	26	27	27	27	27	
Velocidad de alimentador de alambre	(Amperios)	(Amperios)	(Amperios)	(Amperios)	(Amperios)	
Velocidad de avance	8 ipm	10 ipm	11 ipm	9 ipm	11 ipm	
Entrada de calor máxima	-	-	-	-	-	
Técnica	-	-	-	-	-	
cordón recto o cordón oscilado u ondulado	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	
Pasada múltiple o única (por lado)	Pasada múltiple	Pasada múltiple	Pasada múltiple	Pasada múltiple	Pasada múltiple	
Oscilación (mecanizada automática)	-	-	-	-	-	
Número de electrodos	I	I	I	I	I	
Dist. del tubo de contacto al trabajo	3/4-1 pulgada	3/4-1 pulgada	3/4-1 pulgada	3/4-1 pulgada	3/4-1 pulgada	
Martillado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Limpieza entre pasadas	Cepillo de alambre	Cepillo de alambre	Cepillo de alambre	Cepillo de alambre	Cepillo de alambre	
Otro						

**Figura 3-48** : Formulario de calificación de PQR página 1  
 Fuente: AWS D1.1, 2015  
 Realizado por: Borja, Darío; 2021



### 3.3.4 Formatos de WPQ según AWS D1.1

Las figuras 3-50 y 3-51 muestran ejemplos de formularios usados para la calificación de desempeño del personal de soldadura, en los mismos podemos observar cada una de las variables a considerarse para la calificación de los Soldadores, tanto en proceso único como en proceso múltiple.

**Ejemplo de calificación del soldador (proceso único)**  
**REGISTRO DE ENSAYOS DE CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO**  
**DE SOLDADORES, OPERARIOS DE SOLDADURA O SOLDADORES POR PUNTOS**

Nombre	Z. W. Elder	Fecha del ensayo	12/12/2015	Rev	
Número de ID	00-001-ZWE	N.º de registro	WPQ-001		0
N.º de sello	ZWE-1	N.º de ensayo est	ST-001		0
Compañía	RFD Inc.	N.º de WPS	WPS-001		0
División	-	Calificado para	AWS D1.1		

METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	AWS N.º de grupo	Tamaño (NPS)	Programa	Espesor	Diámetro
Material base	ASTM A36	UNS K02600	I	-	-	3/8 pulgada	-
Soldado a	ASTM A36	UNS K02600	I	-	-	3/8 pulgada	-

VARIABLES	Valores reales	RANGO CALIFICADO
Tipo de junta de soldadura	Placa - Ranura (Fig. 4.31) con respaldo	Soldaduras en ranura, filete, tapón y en ranura (Ranura con PJP en T, Y, y K- solamente)
Metal base	Grupo I a grupo I	Cualquier metal base calificado AWS D1.1

	Ranura	Filete	Ranura	Filete
Espesor de la placa	3/8 pulgada	-	1/8 pulgada - 3/4 pulgada	1/8 pulgada mín.
Espesor de la tubería/tubo	-	-	1/8 pulgada - 3/4 pulgada	Ilimitado
Diámetro de la tubería	-	-	24 pulgadas mín.	Ilimitado

Proceso de soldadura	GMAW	GMAW
Tipo (manual, semiautomático, mecanizado, automático)	Semiautomático	Semiautomático, mecanizado, automático
Respaldo	Con	Con (incluido ranurado del lado opuesto y soldadura de respaldo)
Metal de aporte (espec. de AWS)	A5.18	A5.xx
Clasificación de AWS	ER70S-6	Todo
F-Número	-	-
Posición	2G, 3G y 4G	
Ranura - Placa y tubería ≥ 24 pulgadas		Todo
Ranura - Tubería < 24 pulgadas		-
Filete - Placa y tubería ≥ 24 pulgadas		Todo
Filete - Tubería < 24 pulgadas		Todo
Progresión	Vertical hacia arriba	Vertical hacia arriba
Modo de transferencia GMAW	Globular	Rociado, pulsado, globular
Electrodos únicos o múltiples	Único	Único
Tipo de gas/fundente	A5.32 SG-C	A5.xx aprobado

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tipo de ensayo	Criterios de aceptación	Resultados	Comentarios
Inspección visual según 4.9.1	4.9.1	Aceptable	-
Cada posición: 1 Doblado de raíz según 4.8.3.1 y Fig. 4.8	4.9.3.3	Aceptable	-
Cada posición: 1 doblado de cara según 4.9.3.1 y Fig. 4.8	4.9.3.3	Aceptable	3G: Abertura pequeña de (<1/16 pulgada)

CERTIFICACIÓN

Ensayo realizado por	
Laboratorio	Welding Forms Lab
Número de ensayo	Ensayo XYZ ficticio
Número de archivo	Welding Forms/Sample-WPQ-for-GMAW.pdf

Nosotros, los firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras de ensayo fueron preparadas, soldadas y probadas en conformidad con los requisitos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M (\_\_\_\_\_) Código de soldadura estructural. Acero.  
(año)

Fabricante o contratista \_\_\_\_\_ Autorizado por \_\_\_\_\_

**Red Inc.** Fecha **E. M. Pleado (Control de calidad, gerente)**

Formulario M-4 (véase <http://go.aws.org/D1forms>) 12/12/2015

Figura 3-50 : Formulario para calificación de soldadores proceso único.

Fuente: AWS D1.1, 2015

Realizado por: Borja, Darío; 2021

**Ejemplo de calificación del soldador (proceso múltiple)  
REGISTRO DE ENSAYOS DE CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO  
DE SOLDADORES, OPERARIOS DE SOLDADURA O SOLDADORES POR PUNTOS**

Nombre	Z. W. Elder	Fecha del ensayo	12/12/2015	Rev.
Número de ID	00-001-ZWE	N.º de registro	WPQ-003	0
N.º de sello	ZWE-01	N.º de ensayo est.	ST-003	0
Compañía	RED Inc.	N.º de WPS	WPS-003	0
División	-	Calificado para	AWS D1.1	

METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	AWS N.º de grupo	Tamaño (NPS)	Programa	Espesor	Diámetro
Material base	ASTM A36	UNS K02600	II	-	-	1 pulgada	-
Soldado a	ASTM A36	UNS K02600	II	-	-	1 pulgada	-

VARIABLES	Valores reales	RANGO CALIFICADO
Tipo de junta de soldadura	Placa – Ranura (Fig. 4.31) con respaldo	Soldaduras en ranura, filete, tapón y en ranura (Ranura con PJP en T-, Y- y K- solamente)
Metal base	Grupo II a grupo II	Cualquier metal base calificado AWS D1.1

	Ranura	Filete	Ranura	Filete
Espesor de la placa	1 pulgada	-	1/8 pulgada mín.	1/8 pulgada mín.
Espesor de la tubería/tubo	-	-	1/8 pulgada mín.	Ilimitado
Diámetro de la tubería	-	-	24 pulgadas mín.	Ilimitado

Proceso de soldadura	GTAW	SMAW	FCAW	GTAW	SMAW	FCAW
Tipo ( <i>manual, semiautomático, mecanizado, automático</i> )	Manual	Manual	Semiautomático	Man /mec / Auto.	Manual	Semi /mec / Auto.
Respaldo	Con	Con	Con	Con	Con	Con
Metal de aporte (espec. de AWS)	A5.18	A5.1	A5.20	A5.xx	A5.xx	A5.xx
Clasificación de AWS	ER70S-2	E7018	E70T-6	Todo	Todo	Todo
F-Número	-	4	-	-	1 a 4	-
Posición	1G	1G	1G			
Ranura – Placa y tubería > 24 pulgadas				F	F	F
Ranura – Tubería < 24 pulgadas				-	-	-
Filete – Placa y tubería ≥ 24 pulgadas				F, H	F, H	F, H
Filete – Tubería < 24 pulgadas				F, H	F, H	F, H
Progresión	-	-	-	-	-	-
Modo de transferencia GMAW	-	-	-	-	-	-
Electrodos únicos o múltiples	Único	-	Único	Único	-	Único
Tipo de gas/fundente	A5.32 SG-A	-	Ninguno	A5.xx aprobado	-	A5.xx aprobado

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Tipo de ensayo	Criterios de aceptación	Resultados	Comentarios
Inspección visual según 4.9.1	4.9.1	Aceptable	-
2 doblados laterales transversales según 4.9.3.1 y Fig. 4.9	4.9.3.3	Aceptable	-

**CERTIFICACIÓN**

Ensayo realizado por	
Laboratorio	Welding Forms Lab
Número de ensayo	Ensayo XYZ ficticio
Número de archivo	Welding Forms/Sample-WPQ-for-GTAW-SMAW-FCAW.pdf

Nosotros, los firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras de ensayo fueron preparadas, soldadas y probadas en conformidad con los requisitos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M (\_\_\_\_\_) *Código de soldadura estructural Acero.*  
(año)

Fabricante o contratista \_\_\_\_\_ Autorizado por \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_

Formulario M-5

Red Inc. (véase <http://go.aws.org/D1forms>)

E. M. Pleado (Control de calidad, gerente)

12/12/2015

**Figura 3-51** : Formulario para calificación de Soldadores Proceso Múltiple

Fuente: AWS D1.1, 2015

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

### 3.3.5 Informe del Ensayo de Cupón de Prueba según API 1104

La figura 3-52 muestra un formato que es usado para presentar el informe del ensayo, de un cupón de prueba para la obtención de una calificación según el Estándar API, en él se detallan cada una de las variables requeridas para dicho proceso.

INFORME DEL ENSAYO CUPÓN							
Fecha _____				Ensayo No. _____			
Ubicación _____				Posición de Soldadura:      Rotación <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/>			
Estado _____				Marca _____			
Soldador _____				Hora del día _____			
Tiempo de soldadura _____				Protección contra el viento utilizada _____			
Temperatura media _____				Condiciones meteorológicas _____			
Voltaje _____				Amperaje _____			
Tipo de máquina de soldadura _____				Tamaño de la máquina de soldadura _____			
Metal de aporte _____				Tamaño del refuerzo _____			
Tipo y grado de la tubería _____				Espesor de la pared _____			
				Diámetro externo _____			
	1	2	3	4	5	6	7
Cupón estarcido							
Dimensiones de la muestra original							
Área de la muestra original							
Carga máxima							
Resistencia a la tracción							
Ubicación de la fractura							
<input type="checkbox"/> Procedimiento		<input type="checkbox"/> Ensayo de calificación		<input type="checkbox"/> Calificado			
<input type="checkbox"/> Soldador		<input type="checkbox"/> Ensayo de línea		<input type="checkbox"/> Descalificado			
Tracción máxima _____		Tracción mínima _____		Tracción media _____			
Observaciones sobre los ensayos de resistencia							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Observaciones sobre ensayos de doblado							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Observaciones sobre los ensayos de malla							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Ensayo hecho en _____				Fecha _____			
Ensayado por _____				Ensayado por _____			
<small>NOTA Utilice de nuevo para comentarios adicionales. Este formulario se puede utilizar para informar ya sea un ensayo de calificación de procedimiento o un ensayo de calificación de soldadores.</small>							

**Figura 3-52** : Formato de informe de ensayo de cupón para API 1104

Fuente: API 1104, 2013

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

### 3.4 Diferencias y similitudes entre las normativas estudiadas

Los códigos API 1104 y AWS D1.1 tienen diferentes aplicaciones, por lo cual poseen cierto tipo de diferencias, así como también similitudes, que son evidentes durante el estudio de las normativas mencionadas. Por lo cual es necesario analizarlas a detalle.

#### 3.4.1 Diferencias entre API 1104 y AWS D1.1

La Tabla 3-7 muestra las principales diferencias entre las normativas API 1104 y AWS D1.1, las cuales se ponen a consideración.

**Tabla 3-7** : Diferencias entre las normativas API 1104 y AWS D1.1

DIFERENCIAS	
API 1104	AWS D1.1
a.- Abarca la soldadura de tuberías de acero al carbono y de baja aleación, destinadas al sector de los hidrocarburos.	a.- Abarca la fabricación y montaje, de estructuras de acero soldadas, con sus respectivos requisitos.
b.- Cubre tanto soldaduras de posición, como de rotación.	b.- Cubre solo las soldaduras de posición.
c.- Se usa en tuberías de presión, y en filetes de tubería.	c.- Se usa en placas, filetes de placa, y secciones tubulares.
d.- Es un estándar relativamente corto.	d.- Es un código muy extenso, y cuenta con una gran cantidad de aplicaciones.

Fuente: Autor

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

#### 3.4.2 Similitudes entre API 1104 y AWS D1.1

La Tabla 3-8 muestra las principales similitudes entre las normativas API 1104 y AWS D1.1, las cuales se ponen a consideración.

**Tabla 3-8** : Similitudes entre las normativas API 1104 y AWS D1.1

SIMILITUDES	
API 1104	AWS D1.1
a.- Se aplica a diversos procesos de soldadura, ya sean estos manuales o automatizados.	a.- Es aplicable con diversos procesos, los cuales pueden ser manuales y automáticos.
b.- Para uso de materiales, simbología, definiciones y/o consumibles, toma como referencia el código AWS.	b.- Tiene sus propias especificaciones para el uso de materiales, consumibles, simbología, definiciones, etc.
c.- Para cuestiones de seguridad y salud, usa el Estándar ANSI Z49.1, entre otros.	c.- En lo referente a seguridad industrial, toma como referencia el Estándar ANSI Z49.1.
d.- Para especificación de materiales y ensayos, usa los estándares de ASTM y ASNT.	d.- Para cierto tipo de especificaciones usa estándares de ASTM y ASNT.

Fuente: Autor

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

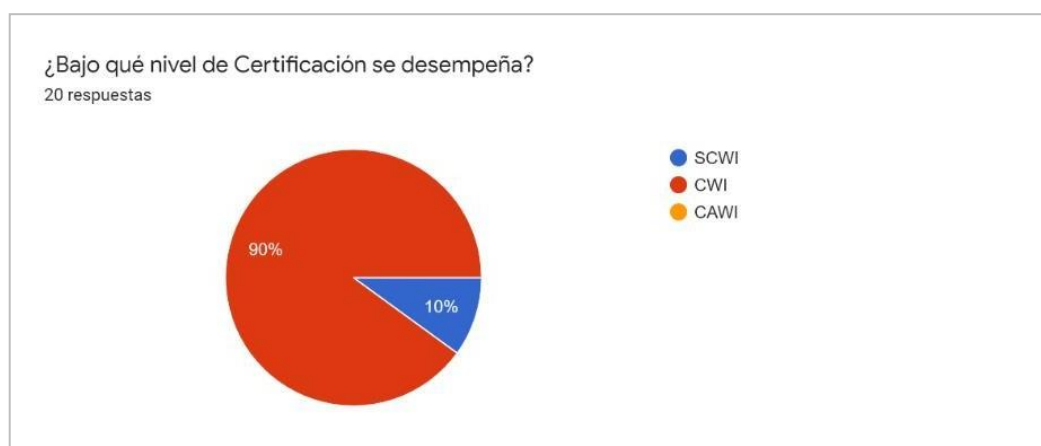
## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo incluimos el análisis de resultados a partir de una investigación que abarca los códigos API 1104 y AWS D1.1, que se comparan para analizar las capacidades del Inspector CWI, por ende, cubrimos el espacio de la inspección como una materia que requiere profesionalismo, investigación, y mecanismos especializados para su aplicabilidad; es decir que se tiene la información para el análisis debido a la extensa bibliografía revisada y por la participación de profesionales y estudiantes con una alta competitividad, interés en el tema de estudio y experiencia laboral. Esto arroja resultados aplicables al extenso campo industrial relacionado con la soldadura, que son un aporte importante para la ingeniería dentro del campo del mantenimiento industrial.

#### 4.1 Experiencia dentro del campo de la soldadura

Los profesionales que respondieron a la encuesta se encuentran entre los 33 y 44 años, y tienen entre 2 y 18 años de experiencia en el campo de la soldadura, como CWI, ya que el 90% de ellos tienen ese nivel de Certificación, el 10% restante se desempeñan en el nivel más alto o SCWI (Inspector de Soldadura Certificado Senior), también se encontró que ninguno de los encuestados posee el grado inferior o CAWI (Inspector de Soldadura Certificado Asociado).

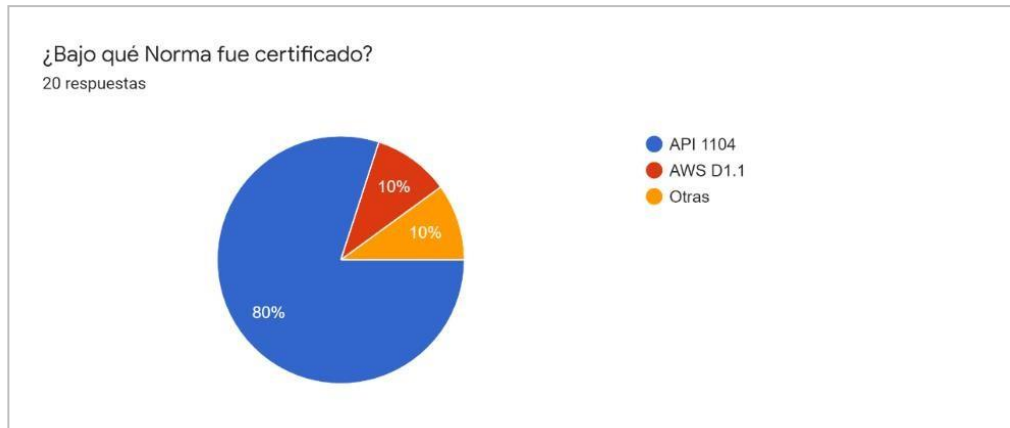


**Gráfico 4-2** : Niveles de certificación de los inspectores

**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

Así, el 80% de los CWI están certificados según el estándar API 1104, y el 10% según el Código AWS D1.1, y los restantes en otras normativas.

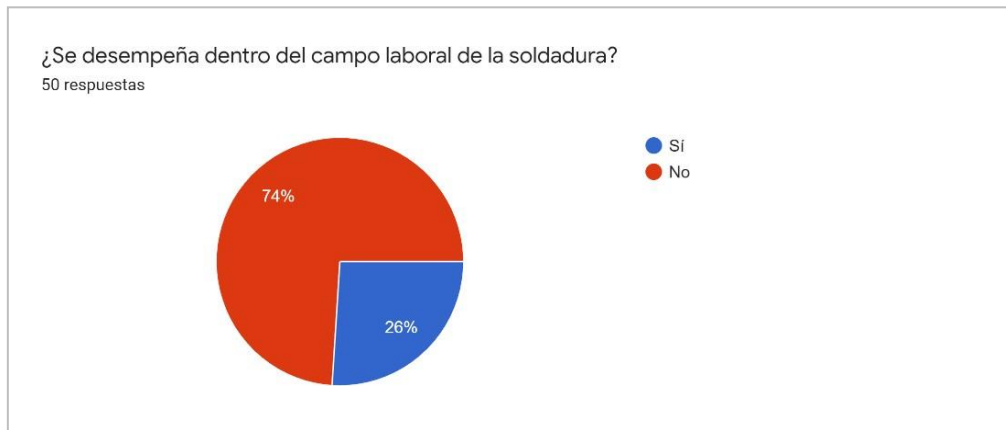




**Gráfico 4-3** : Normas en las que están certificados los inspectores

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

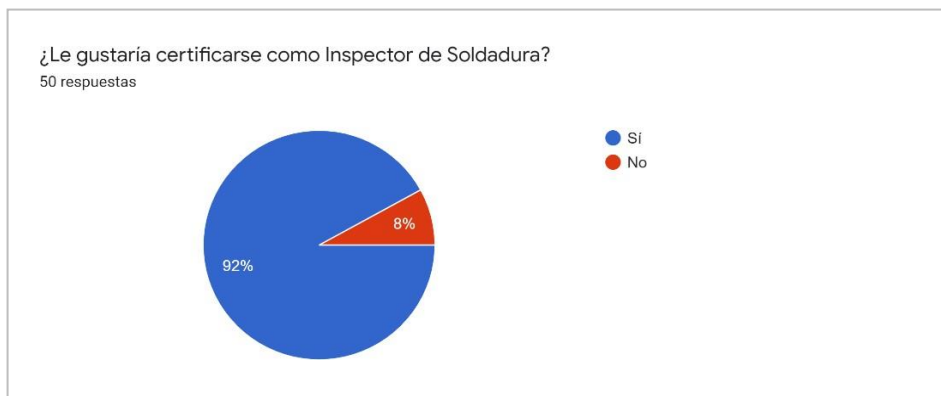
Mientras que el 74% de los estudiantes, egresados y graduados manifiestan que no se desempeñan en el campo de la soldadura, frente a un 26% que indica que sí.



**Gráfico 4-4** : Desempeño en el campo de la soldadura

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Adicionalmente, el 92% de los estudiantes, egresados y graduados informan que sí les gustaría certificarse como inspectores de soldadura, frente a un 8% que indica que no.

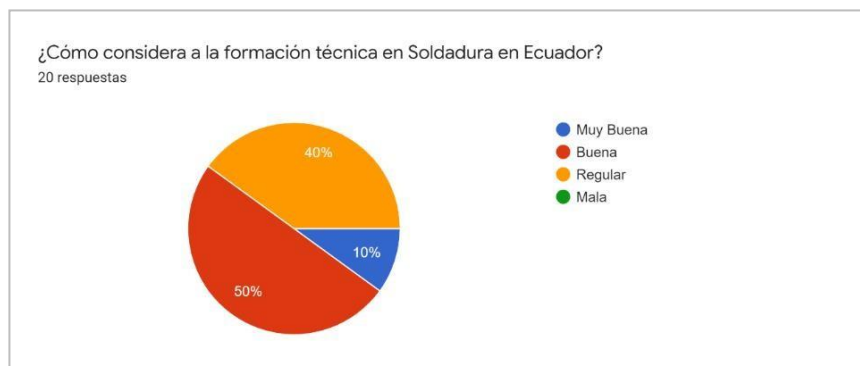


**Gráfico 4-5** : Deseo de certificarse como Inspector de soldadura

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

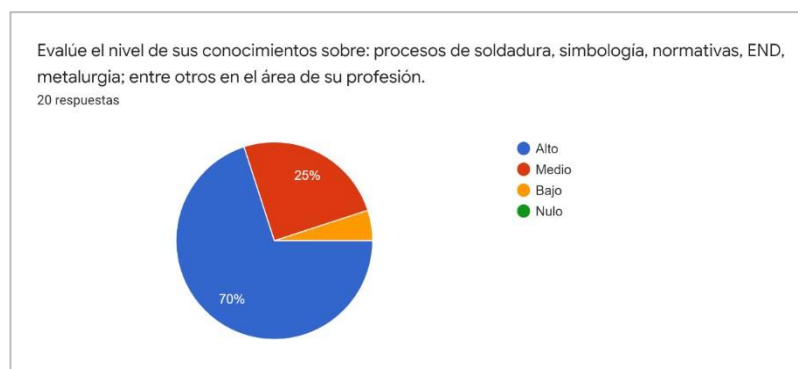
## 4.2 Formación técnica en el país

El 50% de los inspectores encuestados indica que considera a la formación técnica en soldadura en Ecuador es buena, el 40% regular y el 10% muy buena.



**Gráfico 4-6** : Formación técnica en el país  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

De tal manera que el 70% de ellos evalúa sus conocimientos en un nivel alto, el 25% como medio, y el 5% bajo.



**Gráfico 4-7** : Niveles de conocimiento de los inspectores  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

Mientras que el 78% de los estudiantes, egresados y graduados manifiestan que no se han capacitado en el campo de la soldadura, frente a un 22% que indica que sí.



**Gráfico 4-8** : Calificación en el campo de la soldadura  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

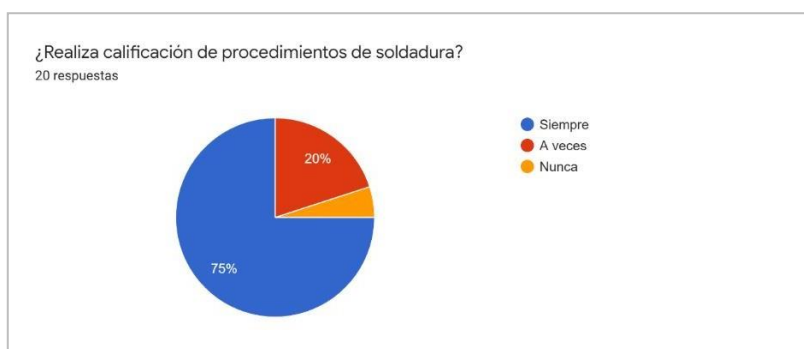
### 4.3 Desempeño laboral del CWI

Los profesionales CWI, según los porcentajes que se muestran a continuación, indican que tienen un nivel alto en la aplicación de sus conocimientos, en sus respectivas áreas de trabajo. Del total de inspectores encuestados el 55% dice que sí sabe soldar de acuerdo a los estándares de las normas vigentes; el 75% indica que siempre realiza calificación de procedimientos de soldadura; el 85% que siempre realiza control de calidad en uniones de soldadura; el 60% realiza gestión de proyectos en el campo de la soldadura; el 55% participa en actividades de producción; el 70% dirige el desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos; y, el 90% de los profesionales CWI siempre verifica estándares de soldadura.



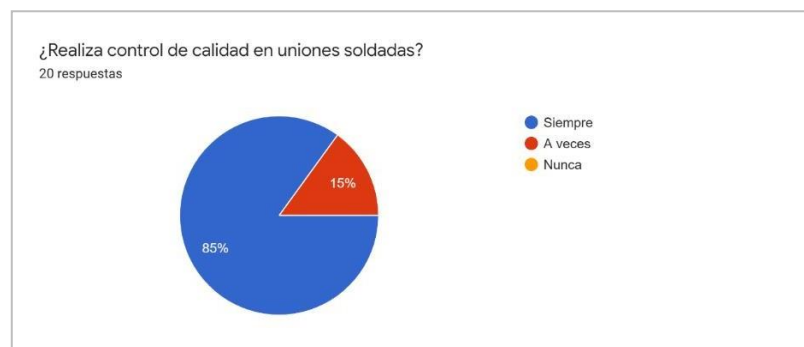
**Gráfico 4-9 :** Habilidades de los inspectores

**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-10 :** Calificación de procedimientos

**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

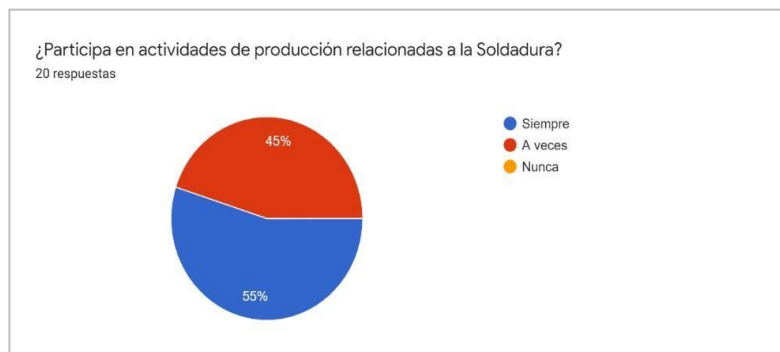


**Gráfico 4-11 :** Control de calidad

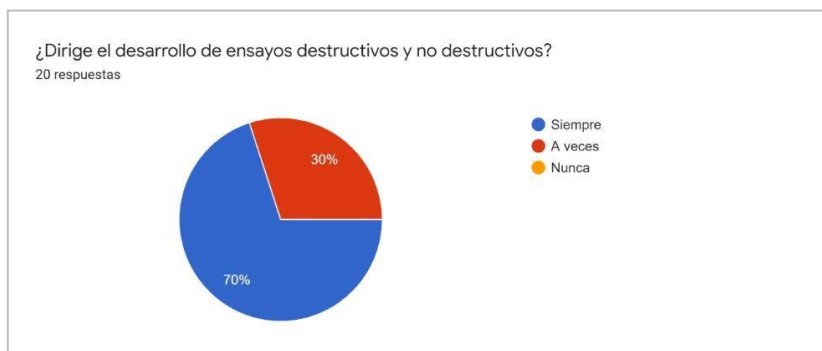
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.



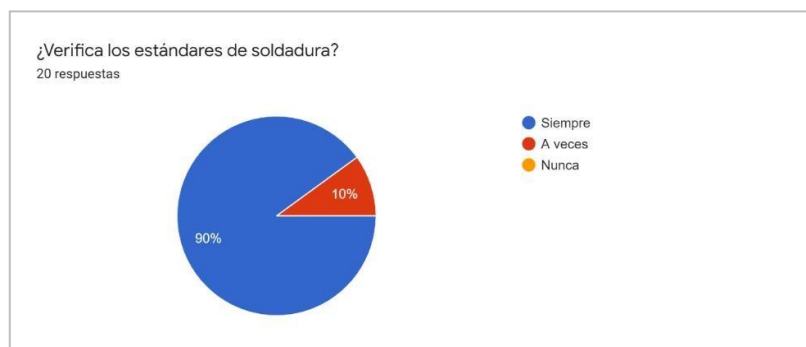
**Gráfico 4-12** : Gestión de proyectos  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-13** : Participación en la producción  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

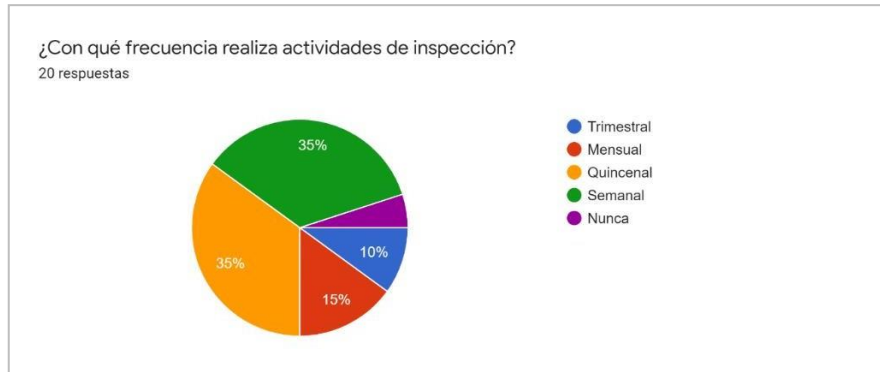


**Gráfico 4-14** : Desarrollo de ensayos destructivos y END  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-15** : Estándares de soldadura  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Además, dentro de su ejercicio profesional, manifiestan en un 35% que realizan actividades de inspección de manera quincenal y semanal; mientras que, por ejemplo, en un 40% realizan actividades de supervisión semanalmente.

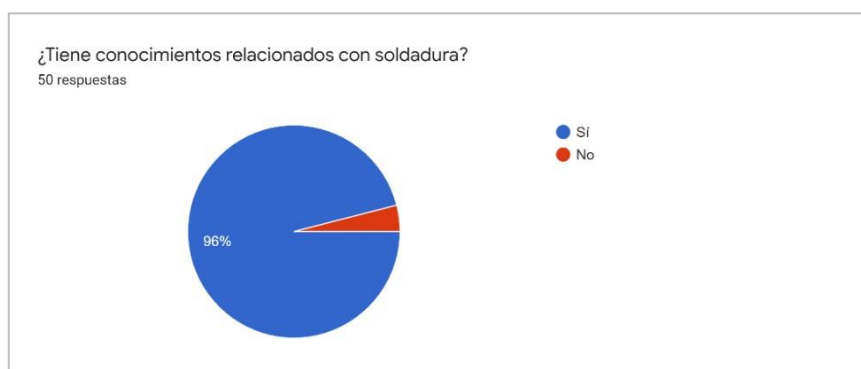


**Gráfico 4-16** : Actividades de inspección  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

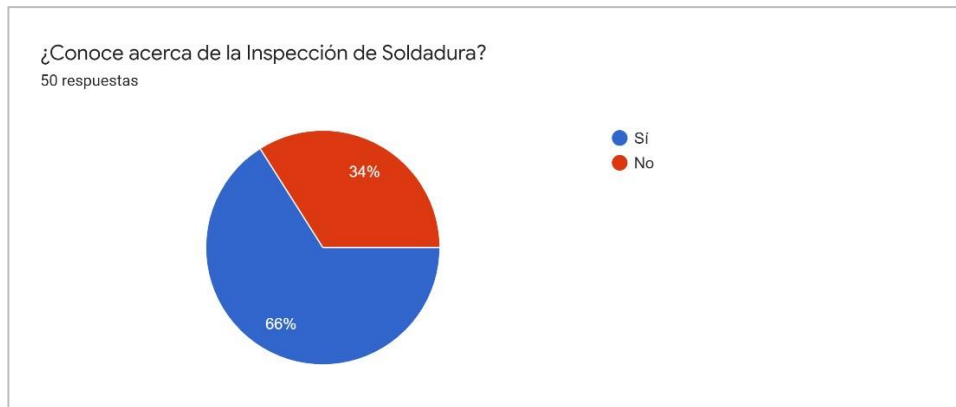


**Gráfico 4-17** : Actividades de supervisión  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.

Mientras que el 96% de los estudiantes, egresados y graduados manifiestan que sí tienen conocimientos relacionados con la soldadura; un 66% indica que conoce acerca de la Inspección de Soldadura; y, un 84% de los encuestados dice que tiene conocimientos de seguridad en relación con las actividades de soldadura.



**Gráfico 4-18** : Conocimientos en soldadura  
**Realizado por:** Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-19** : Conocimientos en inspección de soldadura

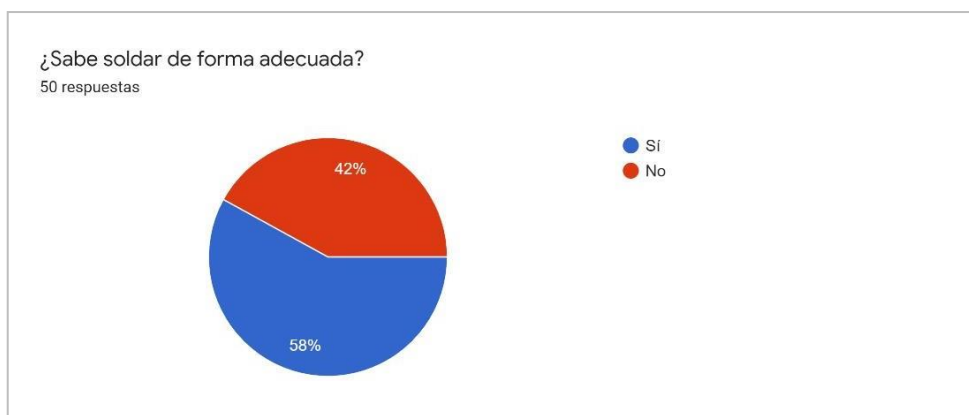
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-20** : Conocimientos en seguridad industrial

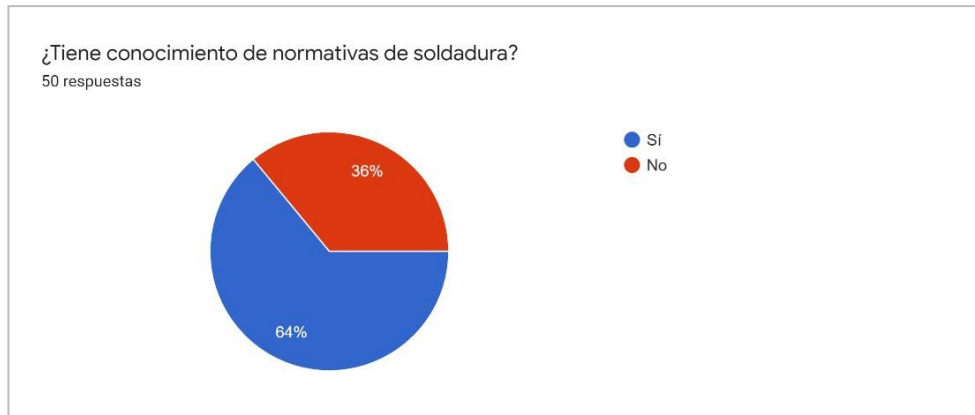
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Así, el 58% de los estudiantes, egresados y graduados manifiestan que sí sueldan de manera adecuada, frente a un 42% que indica que no; además, según los porcentajes que se muestran a continuación, un 64% indica que sí tiene conocimiento de las normativas de soldadura frente a un 36% que desconoce; y, un 58% indica que sí conoce los estándares de soldadura, frente a un 42% que no.



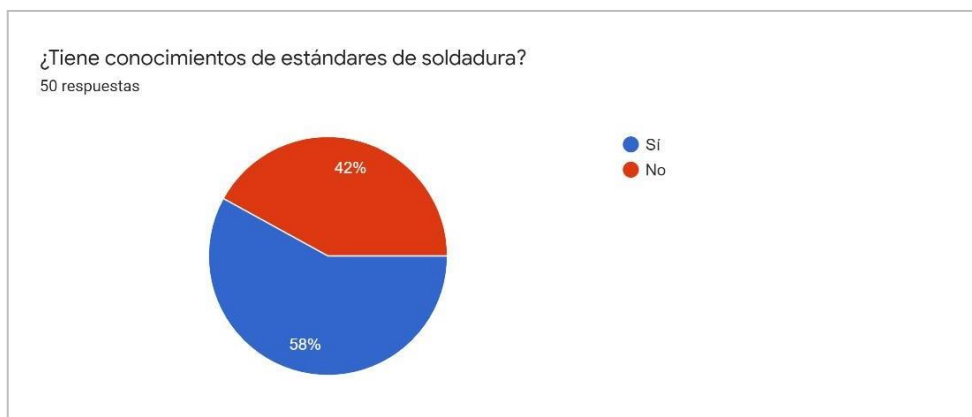
**Gráfico 4-21** : Soldar de manera adecuada

Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-22 : Normas de soldadura**

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

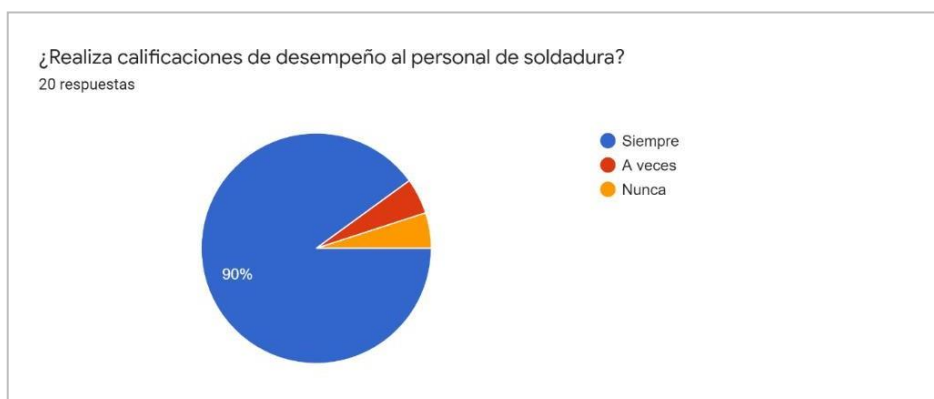


**Gráfico 4-23 : Estándares de soldadura**

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

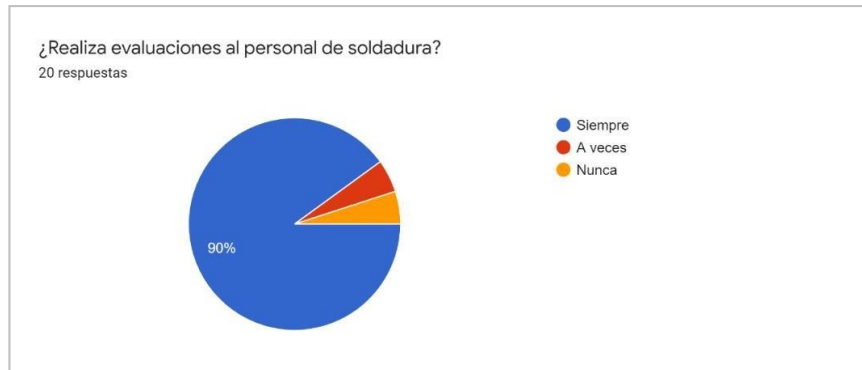
#### 4.4 Calificaciones de desempeño y evaluaciones

El 90% de los profesionales CWI manifiesta que siempre realiza calificaciones de desempeño al personal de soldadura, también en un 90% indican que siempre realizan evaluaciones en su área de trabajo.



**Gráfico 4-24 : Calificaciones de desempeño**

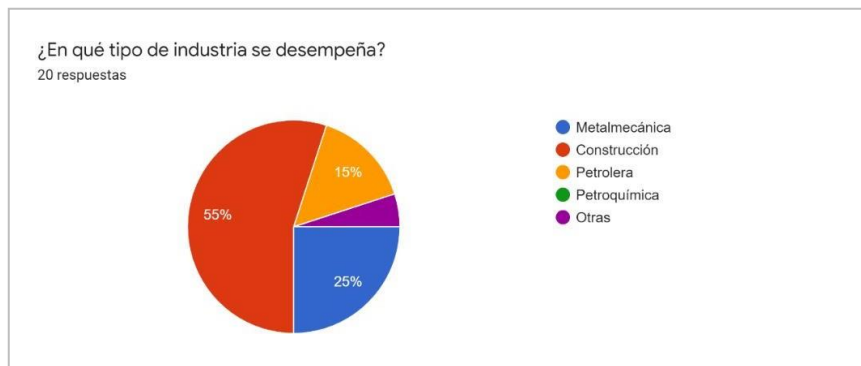
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



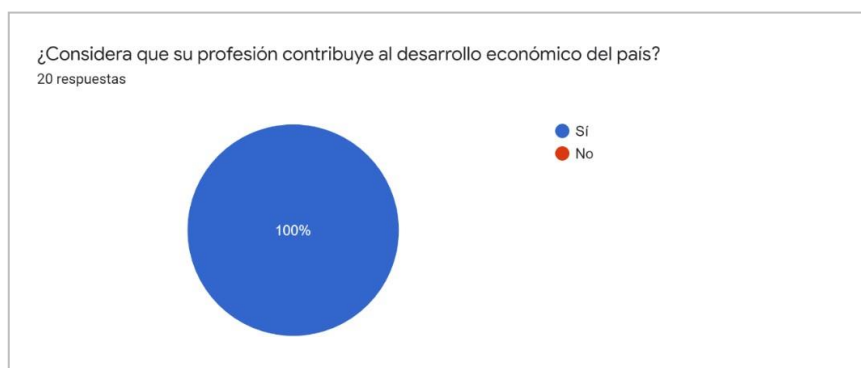
**Gráfico 4-25** : Evaluaciones de desempeño  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

#### 4.5 Contribución al crecimiento económico del país

El 55% de los inspectores encuestados indican que se desempeña en la industria de la construcción, el 25% en metalmecánica, el 15% en la industria petrolera; y, el 5% en otras. Así, el 100% de los profesionales CWI indican que su profesión contribuye de manera positiva al desarrollo económico del país; y, en cuanto a recibir una remuneración económica justa por su trabajo, el 75% de los inspectores CWI manifiesta que a veces, el 25 % dice que siempre; de igual manera opinan respecto al salario de los soldadores y operarios de soldadura.

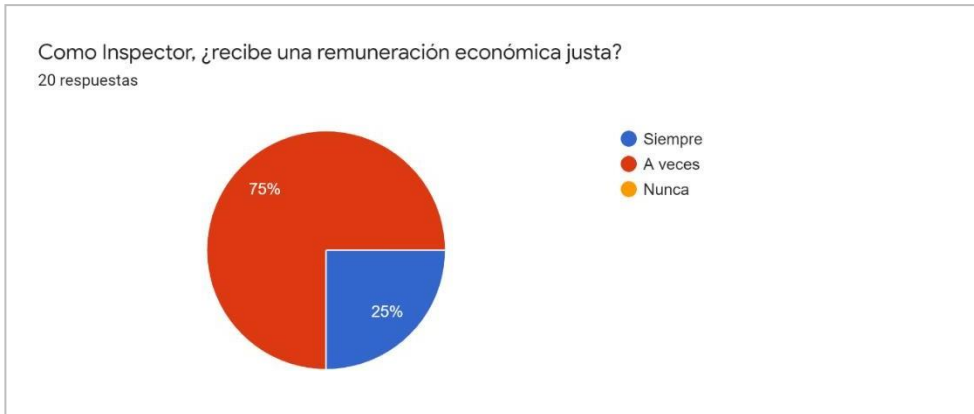


**Gráfico 4-26** : Industrias en las que se desempeñan los inspectores  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



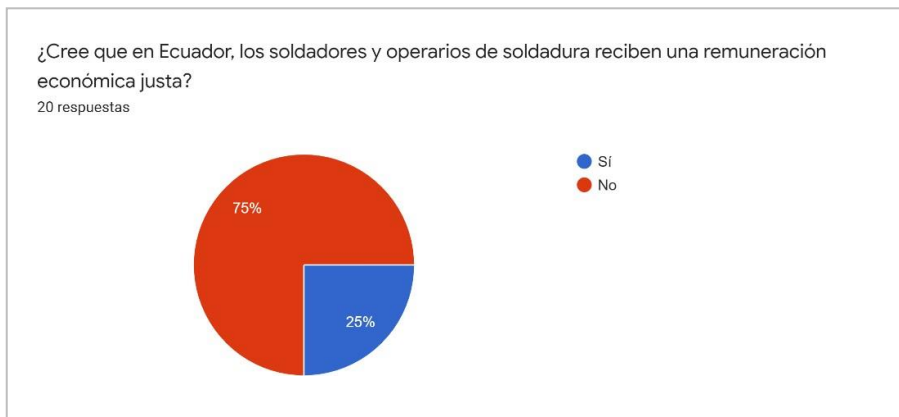
**Gráfico 4-27** : Contribución al desarrollo económico del país  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.





**Gráfico 4-28** : Remuneración económica de los inspectores

Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-29** : Remuneración de soldadores y operarios de soldadura

Realizado por: Borja, Darío; 2021.

#### 4.6 Programas que certifican profesionales CWI

Según la opinión de los encuestados (40%) en Ecuador se implementan programas paracertificar a inspectores CWI anualmente en su mayoría; y, para certificar a soldadores y operarios de soldadura (45%) de forma trimestral.



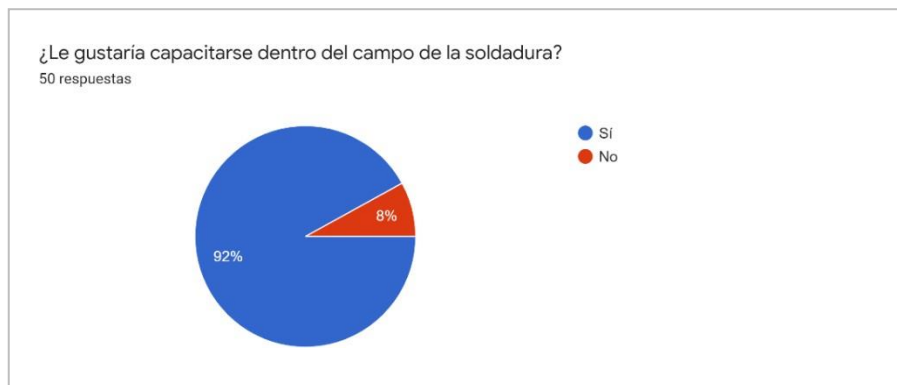
**Gráfico 4-30** : Programas de certificación de inspectores de soldadura

Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-31** : Programas de certificación de soldadores y operarios de soldadura  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

Mientras que el 92% de los estudiantes, egresados y graduados manifiestan que sí les gustaría capacitarse en el campo de la soldadura, frente a un 8% que indica que no.



**Gráfico 4-32** : Deseo por capacitarse en el campo de la soldadura  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

#### 4.7 Responsabilidad de los CWI en la capacitación de personal

El 50% de los profesionales CWI manifiesta que a veces participa como capacitador o responsable para certificar a nuevos inspectores CWI; mientras que en un 65% participan en certificar a soldadores y operarios de soldadura.



**Gráfico 4-33** : Participación en la certificación de nuevos inspectores  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.



**Gráfico 4-34** : Participación en la certificación de soldadores y operarios de soldadura  
Realizado por: Borja, Darío; 2021.

## 4.8 Inspectores certificados por los profesionales encuestados

### 4.8.1 Cantidad de inspectores certificados según API 1104

Muy pocos de los profesionales CWI que respondieron a la encuesta son parte de instituciones que certifican a inspectores en API, en esta pregunta anotan que son 7.

### 4.8.2 Cantidad de inspectores certificados según AWS D1.1

Muy pocos de los profesionales CWI que respondieron a la encuesta son parte de instituciones que certifican a inspectores en AWS, en esta pregunta anotan que son 48.

#### 4.9 Comparación entre códigos mediante un método tipo PUGH

Para la comparación de los códigos API 1104 y AWS D1.1, en función de las competencias del CWI definidas en la Norma AWS B5.1; se utilizó un método de comparación tipo PUGH que nos permite evaluar cada una de las capacidades de los inspectores de soldadura, en términos de: factibilidad, cobertura y sustentabilidad, durante la aplicación en el universo de los sectores industriales, desde el punto de vista de los inspectores e informes económicos actuales.

A continuación, se presenta la matriz de evaluación:

#### MATRIZ DE EVALUACION CON ADAPTACIÓN DEL METODO PUGH

Capacidades del CWI	Encuesta CWI	Encuesta ESPOCH	Interpretaciones	API 1104	AWS D1.1
Conocimientos y habilidades	70%	58%	El Inspector además de sus conocimientos teóricos, deberá soldar de forma adecuada; debido a que por lo general se escogen de entre los mejores Soldadores, a los que serán los futuros CWI; así, las habilidades de tipo manual son más importantes dentro del estándar API 1104.	-	+
Estándares de soldadura	90%	58%	El futuro CWI deberá tener conocimientos muy sólidos en cuanto a los estándares, aplicables a las dos normativas; sin embargo, los estándares de API 1104 son más exigentes en términos de pre y post calentamiento, selección de consumibles, y caracterización del material base, en relación con los definidos en AWS D1.1.	-	+
Calificación de procedimientos de soldadura	75%	52%	La calificación de los procedimientos de soldadura tiene una vital importancia, para el posterior desarrollo de los procesos de soldadura; por lo cual el CWI deberá labrarse una sólida experiencia dentro de cada uno de ellos, para calificar los procedimientos de la manera más eficiente.	<b>S</b>	<b>S</b>
Calificación de desempeño del personal de soldadura	90%	43%	El personal de soldadura debe ser calificado con la mayor de las responsabilidades, dentro de todos los estándares vigentes; sin embargo, la calificación dentro de API 1104 es mucho más exigente en referencia con la de AWS D1.1, ya que se requiere de más	-	+

			habilidad en los soldadores; así como el desarrollo de muchos más ensayos para validar dicha calificación.		
Producción	55%	-	Las actividades relacionadas con la producción se aplican de forma un tanto similar tanto en API 1104 como en AWS D1.1; por lo cual el CWI deberá demostrar sus mayores competencias, en relación con su trayectoria laboral.	<b>S</b>	<b>S</b>
Inspección de soldadura	35%	66%	Los criterios de aceptación en relación con la Inspección son más exigentes dentro de API 1104; por lo cual el Inspector deberá tener más experiencia para desenvolverse dentro de dicho estándar, en relación con la experiencia requerida dentro de AWS D1.1.	-	+
Seguridad industrial	-	84%	Los conceptos de seguridad se aplican por igual, tanto en API 1104 como en AWS D1.1, por lo que el CWI deberá estar familiarizado con los reglamentos de ANSI Z49.1, además de otras normativas adoptadas por las empresas.	<b>S</b>	<b>S</b>
Control de calidad	85%	-	Las actividades de control de calidad se aplican de forma un tanto similar dentro de API 1104, así como de AWS D1.1; por lo cual el Inspector deberá fomentar su experiencia en relación con su trayectoria profesional.	<b>S</b>	<b>S</b>
Gestión de proyectos	60%		La gestión de proyectos es similar tanto dentro de API 1104 como de AWS D1.1; por lo cual el Inspector debe capacitarse constantemente, para gestionar de forma adecuada el desarrollo de los proyectos, que se le encarguen dentro del campo industrial.	<b>S</b>	<b>S</b>
Capacitación	70%	22%	El proceso de capacitación tanto a inspectores como al personal de soldadura se desarrolla de forma similar en las dos normativas; sin embargo, en términos técnicos es más complejo dentro de API 1104, en relación con AWS D1.1.	-	+
Evaluación	90%	-	El proceso de evaluación tanto a inspectores como al personal de soldadura se desarrolla de forma similar en las dos normativas; sin embargo, en términos de aceptación es más complejo dentro de API 1104, en relación con AWS D1.1.	-	+
<b>Σ” +”</b>				<b>0</b>	<b>6</b>
<b>Σ” -”</b>				<b>6</b>	<b>0</b>
<b>Σ” S”</b>				<b>5</b>	<b>5</b>
		<b>Donde:</b> “+” Advierte la supremacía, el “-” la inferioridad, y el “S” la similitud.			

## **4.10 Criterios tomados en cuenta para evaluar las capacidades del CWI**

### **4.10.1 Criterio de factibilidad**

El resultado arrojó una mayor factibilidad en llevar a cabo una profesión de inspector CWI bajo el código AWS D1.1, ya que es menos exigente que el API 1104 en el proceso de calificación de soldadores y la selección de variables. Los inspectores API encuestados en un número significativo responden que las habilidades de soldadura y el conocimiento de los estándares poseen debilidades que posiblemente sean atribuidas a la falta de conocimiento, información extensa, o poca aplicación en las responsabilidades cotidianas que posee el inspector CWI. Sin embargo, los estudiantes encuestados respondieron en su mayoría poseer conocimientos y habilidades en soldadura, lo que hace pensar que podrían ajustarse a cualquier programa de calificación de inspectores.

Por consiguiente, según el criterio de factibilidad se define a la profesión de inspector CWI en AWS D1.1 como la opción más factible en términos de aplicación y aprendizaje de conocimientos de estándares y habilidades por sobre API 1104, a pesar de la gran cantidad de estudiantes que afirma conocer y ser aptos para soldadura.

### **4.10.2 Criterio de cobertura**

En este estudio implementamos una metodología que arroja resultados amplios, significativos y que concluyen en panorama esperanzador en el área de la soldadura; debido a que, se tomó una muestra de 20 inspectores de soldadura certificados y calificados CWI; y, a 50 estudiantes, egresados y graduados de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Por lo tanto, existe diversidad en las muestras y multiplicidad de temas en las respuestas, por ejemplo, conocimientos, capacidades, formación técnica, desempeño laboral, capacitación, seguridad, certificación; entre otros.

### **4.10.3 Criterio de sustentabilidad**

A partir de los resultados que arrojan las encuestas, en donde se muestra que el 90% de los profesionales tienen el nivel CWI, el 50% indica que considera a la formación técnica en soldadura en Ecuador es buena, por ende, el 70% de ellos evalúa sus conocimientos en un nivel alto; y, el 92% de los estudiantes, egresados y graduados informan que les gustaría certificarse como inspectores de soldadura; consideramos que esta profesión tiene un margen de desarrollo amplio y es muy importante trabajar en potenciarla, lo cual es responsabilidad del gobierno, de

las universidades, de instituciones de capacitación, y de los profesionales y potenciales CWI, lo cual también aportaría al beneficio económico para el país.

#### **4.10.4 Grado de dificultad**

Consideramos que la implementación de proyectos, programas o cualquier tipo de apoyos para potenciar a los CWI y en sí a la materia de la soldadura, que sugerimos a partir de los resultados del estudio, tendrán un grado de dificultad medio; debido, por ejemplo a que un importante número de CWI considera a su profesión contribuye de manera positiva al desarrollo económico del país y el 75% de los inspectores CWI dice que a veces recibe un salario adecuado por su trabajo; es decir que ven en esta área un potencial y tienen cada vez más interés en incursionar en ella, sin embargo consideran que se debe prestar atención a la capacitación constante y que la remuneración esté acorde con una profesión que se considera importante para el desarrollo industrial del país.

#### **4.10.5 Aplicabilidad**

Los resultados de esta investigación son relevantes para aplicarlos en futuros estudios que profundicen en la inspección de la soldadura; además para medir la situación en cuanto a capacidades y conocimientos de los profesionales CWI, lo cual puede aplicarse netamente para implementar programas de estudio y una serie de propuestas que lleven a poner en prioridad una especialización que es necesaria para la industria de la construcción, metalmecánica, petrolera; entre otras.

## **CONCLUSIONES:**

La Inspección de Soldadura es una profesión en auge; debido a que es una carrera que se inserta en el futuro como una opción para el desarrollo económico e industrial del país, al tratarse de una profesión en donde, según este estudio, participan profesionales de entre 32 y 44 años de edad, los cuales tienen una experiencia laboral de entre 2 y 18 años, es decir que cada vez más jóvenes se interesan por esta profesión y demandan espacios de formación con calidad y con llamados más cortos, por ejemplo anual (40%); además porque deben mantener vigente su Certificación (45%).

La mayoría (90%) de los profesionales que participan en la investigación se desempeñan bajo el nivel CWI, por ende, se considera a esta Certificación como la más confiable por su calidad técnica, y la de mayor incidencia en los profesionales del área de la soldadura, por diversos motivos, entre ellos la técnica utilizada en la industria metalmecánica, petrolera, etc.

El conocimiento técnico de los profesionales CWI es considerado como alto (70%), pero sujeto a mejoras, por parte de las entidades que ofertan las certificaciones para nuevos inspectores, soldadores y operarios de soldadura.

Los profesionales CWI están involucrados en todos los niveles técnicos que exige la soldadura, realizan actividades de inspección y supervisión, verifican estándares de soldadura (90%), evalúan al personal de soldadura (90%), gestionan proyectos (60%), participan en actividades de producción (55%); etc.

Los resultados arrojan que las instituciones a las que están ligados los encuestados, han certificado a 7 inspectores en API; y, a 48 inspectores en AWS.

En cuanto a los 50 encuestados entre estudiantes, egresados y graduados de la Facultad de Mecánica - ESPOCH, existe un alto índice de ellos que desea incursionar en la Inspección de Soldadura (92%), de tal manera que el 58% indica que sueldan de manera adecuada, a pesar de que un 74% no se desempeña en este campo, pero un 96% tiene conocimientos sobre esta técnica.



## **RECOMENDACIONES:**

Motivar para que los profesionales CWI participen activamente en programas de certificación a nuevos inspectores, soldadores y operarios de soldadura.

Fijar un salario estándar para inspectores, soldadores y operarios de soldadura, para que mejoren sus ingresos económicos y se eleve su nivel profesional.

Implementar un programa de formación a inspectores, soldadores y operarios de soldadura, basado en estándares internacionales y en contenidos académicos de calidad, para lograr la excelencia en capacitación.

Motivar la creación de nuevas instituciones que certifiquen a profesionales CWI.

Motivar a estudiantes, egresados y graduados de la ESPOCH para que se vinculen al campo de la soldadura, a través de programas de capacitación y nexos con empresas o instituciones del ramo.

## GLOSARIO

**Abertura de raíz.** Separación en la raíz de la junta entre las piezas de trabajo. (AWS A3.0, 2001, p. 57).

**Backgouging.** Remoción del metal de soldadura y metal base desde el lado de la raíz de la soldadura de una junta, para facilitar la fusión y completar la penetración hasta la soldadura subsecuente. (AWS A3.0, 2001, p. 15).

**Back weld (Soldadura de respaldo).** Soldadura efectuada en el reverso del cupón de una soldadura de ranura. (AWS A3.0, 2001, p. 15).

**Calificación.** Capacidad, habilidad, conocimiento y experiencia demostrados, en el personal que tiene deberes por cumplir en determinado trabajo. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Calificación del procedimiento.** Demostración de que las soldaduras hechas por un procedimiento específico cumplen con los requisitos de una norma. (AWS A3.0, 2001, p. 53).

**Cara de soldadura.** Cara expuesta de una soldadura sobre el lado desde el cual fue hecha. (AWS A3.0, 2001, p. 72).

**Certificación.** Determinar, comprobar y autenticar la calificación del personal según ciertos requisitos. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Código.** Conjunto de condiciones y requisitos de cierto tema, que indica los procedimientos para determinar que los requisitos se han cumplido. Puede ser adoptado, de forma total o parcial por cierta ley o reglamento, y según ciertas especificaciones. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Concavidad.** Distancia máxima de la cara de una soldadura de filete, perpendicular a la línea de unión del borde de la soldadura. (AWS A3.3, 2001, p. 21).

**Convexidad.** Distancia máxima desde la cara de una soldadura de filete, perpendicular a la línea de unión de los bordes de la soldadura. (AWS A3.0, 2001, p. 22).

**Cráter.** Depresión en la cara de soldadura en donde termina el cordón. (AWS A3.0, 2001, p. 23).

**Credencial.** Indicación de la capacidad adicional, documentada, y añadida a los documentos de certificación. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Criterio de aceptación.** Conjunto de reglas que permiten aceptar o rechazar una junta soldada. (Perú Welders, 2020).

**Especificación.** Descripción de los requisitos técnicos esenciales para un material, producto, sistema, o servicio, indica los medios para determinar que se cumplan todos los requisitos; y es apta para adoptarse en los documentos de adquisición. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Galga de soldadura.** Dispositivo diseñado para medir la forma y el tamaño de las soldaduras. (AWS A3.0, 2001, p. 72).

**Garganta de soldadura.** Termino sin normalizar usado para referirse a la longitud de arco, la separación de la junta, y la abertura de raíz. (AWS A3.0, 2001, p. 35).

**Gas inerte.** Un gas que normalmente no se combina químicamente con los materiales. (AWS A3.0, 2001, p. 40).

**Inserto consumible.** Metal de aporte que es colocado en la raíz de la junta para fundirlo y que forme parte de la soldadura. (AWS A3.0, 2001, p. 22).

**Junta.** Unión de elementos o los bordes de elementos que están unidos o han sido unidos. (AWS A3.0, 2001, p. 41).

**Norma.** Conjunto de códigos, especificaciones, practicas, clasificaciones, métodos, y guías desarrollados por comités patrocinadores, y aprobados según los procedimientos establecidos. (AWS-QC1, 2007, p.2).

**Penetración de junta.** Distancia a la que el metal de soldadura se extiende desde la acara de soldadura dentro de la junta, excluyendo el refuerzo de la soldadura. (AWS A3.0, 2001, p. 42).

**Pierna de soldadura.** Distancia desde la raíz hasta el borde de la soldadura de filete. (AWS A3.0, 2001, p. 31).

**Procedimiento de soldadura calificado.** Método detallado, probado, y analizado para producir soldaduras sanas, y de buenas propiedades mecánicas. (API-1104, 2005, p.3).

**PQR (Registro de la Calificación del Procedimiento).** Registro de variables de soldadura usadas para realizar un ensamble de prueba, y obtener el resultado de las pruebas hechas al elemento para calificar un WPS. (AWS A3.0, 2001, p.73).

**Quemón.** Parte del cordón de raíz donde la penetración excesiva, ha causado que la soldadura sea soplada hacia la parte interna de la junta, es de especial importancia en la soldadura de tuberías. (API 1104, 2013, p. 41).

**Raíz de soldadura.** Puntos de una sección transversal donde el metal de soldadura se une al metal base y se extiende dentro de la junta soldada. (AWS A3.0, 2001, p. 75)

**Respaldo.** Material o elemento que es colocado en el lado del cordón de raíz, para retener el metal de soldadura fundido. (AWS A3.3, 2001, p. 15).

**Soldador calificado.** Persona que ha demostrado su habilidad para realizar soldaduras sanas, y bajo los requerimientos de una norma. (API-1104, 2005, p.2).

**Soldadura de campo.** Soldadura hecha en un lugar diferente al taller, o lugar de la construcción principal. (AWS A3.0, 2001, p. 30).

**Soldadura de ranura.** Soldadura hecha sobre una abertura en la superficie de una pieza, o entre los extremos de las superficies de las piezas de trabajo. (AWS A3.0, 2001, p. 37).

**Soldadura de filete.** Soldadura de sección transversal triangular, que une dos superficies con ángulos rectos en una junta en traslape, en T, o en esquina. (AWS A3.3, 2001, p. 31).

**WPQ (Calificación de la Habilidad del Soldador).** Demostración de la habilidad de un Soldador, para producir uniones sanas en conformidad a las normas. (AWS A3.0, 2001, p.72).

**WPS (Especificación del Procedimiento de Soldadura).** Documento que suministra las variables de soldadura para una aplicación específica. (AWS A3.0, 2001, p.73).

**Nota:** Para tener más claros los conceptos de soldadura, es recomendable que consultemos AWS A3.0; *Norma de Términos y Definiciones de Soldadura*.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

**Aeisa.** *Asesoría y Equipos de inspección SA de CV.* [en línea]. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.aeisa.com.mx/liquidados-penetrantes-todo-lo-que-tenes-que-saber-sobre-esta-prueba-no-destructiva/>

**Amada Weld Tech.** *Métodos de Soldadura por Resistencia.* [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2021] Disponible en: <https://www.amadaweldtech.eu/es/base-de-conocimientos/soldadura-por-resistencia>

**Arcoweld.** *Blog de Soldadura* [blog]. [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.arcoweld.com/>

**ASMESOL.** *Ensayos no destructivos* [blog]. [Consulta: 20 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.asmesol.cl/servicios.html>

**AWS A3.0-2012.** *Norma de Términos y Definiciones de Soldadura.*

**AWS B1.11-2014.** *Gia para la Inspección Visual de soldadura.*

**AWS B5.1-2013.** *Especificación para la Calificación de Inspectores de Soldadura de la American Welding Society.*

**AWS D1.1-2015.** *Código de Soldadura estructural para acero.*

**AWS QC1-2007.** *Norma para la Certificación de Inspectores de Soldadura de la American Welding Society.*

**API 1104-2013.** *Estándar para la Soldadura de Tuberías y sus Instalaciones Relacionadas.*

**CABRING, Cabrera Ingeniería.** *Laboratorio de ensayos destructivos.* [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.cabring.com/index.php/Servicios/laboratorios-de-ensayos-destructivos.html>

**CAME Educativa.** *Gestión de Soldaduras* [blog]. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.came-educativa.com.ar/course/gestion-de-soldaduras/>

**CETI.** *Programa de entrenamiento para la Certificación de CWI* [en línea]. [Consulta 16 octubre 2020]. Disponible

en: <https://www.indura.com.ec/Content/Storage/EC/Contenido/Editor/Ecuador/Metalmecanica/PDF/INFORMATIVOCWI2020.pdf>

**CISOLD.** *Centro de Instrucción en Soldadura.* [en línea]. [Consulta: 28 febrero 2021].

Disponible en: <https://cisold.com/>

**COPSOL.** *Capacitación y servicios.* [en línea]. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en:

<http://www.copsol-welding.com/2017/08/08/oaw/>

**De máquinas y herramientas.** *Soldadura TIG* [blog]. [Consulta: 10 octubre 2020]. Disponible

en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/adquirir-comprar-elegir-soldadora-tig>

**Ecu Red.** *Corte por plasma.* [en línea]. [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en:

[https://www.ecured.cu/Corte\\_por\\_plasma](https://www.ecured.cu/Corte_por_plasma)

**ESAB Argentina.** *Equipos, maquinas, y consumibles.* [en línea]. [Consulta: 03 marzo 2021].

Disponible en: [https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso\\_soldadura\\_gmaw.cfm](https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_gmaw.cfm)

**Fe Andalucía.** *Ensayos no destructivos en la Soldadura* [en línea]. [Consulta: 16 septiembre

2020]. Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8259.pdf>

**FERREPRO.** *La Industrial Metalmecánica.* [en línea]. [Consulta: 09 octubre 2020]. Disponible

en: <http://ferrepro.mx/brazing-soldadura-fuerte/>

**Grupo INFRA S.A.** *Corte semiautomático.* [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2020].

Disponible en: <https://grupoinfra.com/pagina/categoria/108/Corte-Semi-Autom%C3%A1tico>

**INISSA.** *Calidad en servicios de inspección y pruebas.* [en línea]. [Consulta: 20 noviembre

2020]. Disponible en: <http://www.inissa.com/prueba-de-doblez.php>

**INDUMATERIAL SA.** *Proveedor Industrial.* [en línea]. [Consulta: 30 noviembre 2020].

Disponible en: <https://indumaterial.com/>

**INDURA S.A.** *Manual sistemas y materiales de Soldadura* [en línea]. [Consulta: 20 agosto 2020]. Disponible en:

<https://www.indura.com.ec/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=%2>

Fcontent%2Fstorage%2Fec%2Fbiblioteca%2F10509ade51934ebd962bed34fae7d382.pdf

**Inge mecánica.** *Fundamentos de soldadura fuerte y blanda.* [en línea]. [Consulta: 10 agosto 2020]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn49.html>

**Ingeniero de caminos.** *Ensayos no destructivos en la Soldadura* [blog]. [Consulta: 15 agosto 2020]. Disponible en: <https://ingeniero-de-caminos.com/ensayos-no-destructivos-en-soldadura/>

**Kobelco Welding.** *Empresa mundial líder en soluciones de Soldadura.* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.kobelcowelding.com/>

**Lincoln Electric.** *Welders, Welding Wire, Welding Equipment.* [en línea]. [Consulta: 01 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.lincolnelectric.com/en-us/Pages/default.aspx>

**LLOG SA de CV.** *Equipos de pruebas no destructivas.* [en línea]. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.llogsa.mx/>

**MIPSA.** *Expertos procesando metales.* [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2021] Disponible en: <https://mipsa.com.mx/procesos/soldadura/de-resistencia-por-puntos-rsw/#:~:text=La%20soldadura%20de%20resistencia%20por,fusionar%20una%20peque%C3%B1a%20secci%C3%B3n%20circular>

**Monitoreo de la condición.** *Ultrasonido Industrial* [blog]. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://monitoreocondicion.es.tl/Ultrasonido-Industrial.htm>.

**NIÑO, Víctor.** *Metodología de la investigación.* Bogotá: Ediciones de la U, 2011, pp. 29 – 107.

**OERLIKON S.A.** *Manual de soldadura y catálogo de productos* [en línea]. [Consulta: 08 agosto 2020]. Disponible en: [http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual\\_catalogo%20soldadura.pdf](http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual_catalogo%20soldadura.pdf).

**Perú Welders.** *Escuela de Soldadores del Perú.* [en línea]. [Consulta: 10 agosto 2020]. Disponible en: <https://peruwelders.com/>

**SAAVEDRA, P.** *Gestión de Soldadura* [blog]. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.alexandersaavedra.com/2012/09/gestion-de-la-soldadura.html>.

**SERVIAM.** *Soluciones en control, medición, y ensayos.* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://serviam.cl/producto/liquidos-penetrantes-niveles-i-y-ii/>

**Scribd.** *WPS API 1104 Ejemplo* [en línea]. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/394403103/WPS-api-1104-ejemplo>

**TELWIN SA.** *Soldadoras, y sistemas de corte.* [en línea]. [Consulta: 28 enero 2021]. Disponible en: <https://www.telwin.com/>

**The Fabricator.** *Metal Fabricating News, Products, Articles, and More.* [en línea]. [Consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.thefabricator.com/>

**Welding Journal.** *Revista de la Sociedad Americana de Soldadura* [en línea]. [Consulta: 10 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://app.aws.org/wj/esp/2008/10/wjesp1008-31.pdf&ved=2ahUKEwiet9vN7L7uAhVkd7kGHeD-Bb4QFjABegQIAhAF&usg=AOvVaw3yGQjvycZ1JxP8GCwkWZb-&cshid=1611844619360>

**West Arco.** *Ensayos de Laboratorio.* [en línea]. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.westarco.com/westarco/sp/education/evento-soldador/upload/ensayos-de-laboratorio.pdf>.



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**