



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto Experimental previo a la obtención del Título de
Ingeniero Mecánico

TEMA:

“ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW CON ALAMBRE ER70S-3 Y ER70S-6 EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS UTILIZANDO PERFILES CONFORMADOS DE ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M PARA DETERMINAR LA DEFECTOLOGÍA EN LAS JUNTAS SOLDADAS EN LA EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS”

AUTOR: Jairo David Corrales Córdova.

TUTOR: Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2016

**APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE
GRADUACIÓN O TITULACIÓN**

CERTIFICA:

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Graduación o Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema: “ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW CON ALAMBRE ER70S-3 Y ER70S-6 EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS UTILIZANDO PERFILES CONFORMADOS DE ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M PARA DETERMINAR LA DEFECTOLOGÍA EN LAS JUNTAS SOLDADAS EN LA EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS”. Desarrollado por el estudiante CORRALES CÓRDOVA JAIRO DAVID, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal examinador designado por el Concejo Directivo de esta Facultad .

.....

Ing. Juan Paredes Salinas, Mg.
AUTOR

AUTORIA

Declaro que el contenido del trabajo experimental **“ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW CON ALAMBRE ER70S-3 Y ER70S-6 EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS UTILIZANDO PERFILES CONFORMADOS DE ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M PARA DETERMINAR LA DEFECTOLOGÍA EN LAS JUNTAS SOLDADAS EN LA EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS”** así como sus ideas, opiniones, resultados, conclusiones y recomendaciones son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

.....

Jairo David Corrales Córdova
CI: 1803624509
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste proyecto experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 08 de Julio de 2016.

Autor

Jairo David Corrales Córdova

DEDICATORIA

El presente informe final se lo dedico a mi familia que es el pilar fundamental en mi vida, gracias a su apoyo pude concluir mi carrera universitaria. A mis padres, abuelitos, esposa e hijas por su apoyo y confianza incondicional. Se los agradezco de todo corazón por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por brindarme el apoyo día tras día ayudándome moralmente, económicamente con los recursos necesarios y aconsejándome para llegar hacer una persona de bien. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de su paciencia, consejos, enseñanzas, y amor. A mis Abuelitos por estar siempre brindándome su apoyo en cada momento. A mi esposa por brindarme su confianza incondicional en esta etapa de mi vida, y la parte esencial de todo este esfuerzo mis hijas ALISSON y BRITANY, las dueñas de mi corazón con su sonrisa me llenan de entusiasmo y me dan la fuerza para seguir adelante cumpliendo cada uno de mis objetivos gracias por existir en mi vida mis pequeños amores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro Padre Celestial por su infinito amor, por darme la salud y la vida para poder culminar el informe final dándome la sabiduría necesaria.

A mis padres, abuelitos, hermanos, esposa e hijas un Dios les pague de todo corazón que con su apoyo y amor me supieron guiarme en esta etapa de mi vida.

A mi tutor Ing. Juan Paredes Mg. que con su apoyo y perseverancia contribuyo para formarme como profesional para poder servir a la sociedad.

A la empresa CARROCERÍAS FIALLOS por el apoyo que me ha brindado a lo largo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pag.
TÍTULO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN	II
AUTORIA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN EJECUTIVO	XV
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Tema del trabajo experimental	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTACIÓN	4
2.1 Fundamentación teórica	4
2.1.1 Procesos de fabricación	4
2.1.1.1 Clasificación de los procesos de fabricación	5
2.1.1.2 Métodos de unión	5
2.1.2 Soldadura	5
2.1.2.1 Origen y Evolución de la soldadura	5
2.1.2.2 Ventajas de la soldadura	6
2.1.2.3 Posiciones de soldadura	6

2.1.2.4 Tipos de juntas	7
a) Junta a tope	7
b) Juntas de solape	7
c) Junta en ángulo y en T o filete	8
d) Junta a filete	8
2.1.3 Procesos de soldadura	9
2.1.3.1 Soldadura GMAW	9
2.1.3.2 Ventajas de la soldadura MIG/MAG (GMAW)	9
2.1.3.3 Corriente de soldadura	10
2.1.3.4 Polaridad	10
2.1.3.5 Voltaje de arco (longitud de arco)	11
2.1.3.6 Velocidad de avance	11
2.1.3.7 Orientación del alambre	12
2.1.3.8 Tipos de alambres para soldadura GMAW	13
1. Alambre ER70S-2	13
2. Alambre ER70S-3	14
3. Alambre ER70S-4	14
4. Alambres ER70S-6 y ER70S-7	14
2.1.4 Acero estructural	14
2.1.4.1 Composición del acero	15
2.1.4.2 Normas ASTM	15
a) ASTM A36	15
b) ASTM A924.	16
c) ASTM A529.	16
d) ASTM A572.	16
e) ASTM A992	16

2.1.5 Ensayos de materiales	17
2.1.5.1 Ensayos destructivos y no destructivos	17
a) Ensayo de tracción	17
b) Ensayo de doblado	18
c) Ensayo metalográfico	18
Tamaño de grano	18
d) Método de líquidos penetrantes	19
Capilaridad	20
Viscosidad	20
Gravedad específica	20
Volatilidad	20
Fuerza de cohesión y adherencia	21
Inflamabilidad	21
Actividad química	22
e) Método de partículas magnéticas	22
Tipos de magnetización:	22
Bobinas	22
Yugo magnético	23
2.1.6 Defectología	23
Tipos de discontinuidades	23
Porosidad	24
a) Porosidad uniformemente dispersa	24
b) Porosidad agrupada	24
c) Porosidad alineada	24
d) Porosidad vermicular o tipo gusanos	24
Inclusiones	25

Falta de penetración	25
Exceso de penetración	26
Falta de Fusión	26
Concavidades	26
Concavidad externa o falta de relleno:	26
Concavidad interna:	27
Socavaduras o mordeduras de bordes:	27
Salpicaduras	27
Falta de continuidad del cordón:	27
Discontinuidades internas	28
Fisuras	28
Fisuras longitudinales	28
Fisuras transversales	28
Fisuras en caliente	28
Fisuras en frío	29
Fisura de interrupción o arranque (o de cráter)	29
2.1.7. Norma AWS D1.3	29
2.1.7.1 Criterios de aceptación y rechazo descritos en la norma AWS D1.3	30
Inspección visual	30
2.1.7.2 Aplicabilidad de la norma	30
2.1.7.3 Especificación	31
2.2 Hipótesis	31
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis	31
2.3.1 Variable Independiente	31
2.3.2 Variable Dependiente	31
CAPÍTULO III	32

METODOLOGÍA	32
3.1 Nivel o tipo de investigación	32
3.1.1 Explorativa	32
3.1.2 Descriptiva	32
3.1.2 Bibliográfica	32
3.1.3 Explicativa	32
3.1.4 Asociación de variables	32
3.2 Población y Muestra	33
3.2.1 Población	33
3.2.2 Muestra	33
3.3 Operacionalización de variables	34
3.3.1 Variable independiente	34
3.3.2 Variable dependiente	35
3.4 Plan de recolección de información	36
3.5 Plan procesamiento y análisis.	36
3.5.1 Plan de procesamiento	36
3.5.2 Plan de análisis	36
CAPÍTULO IV	37
ANÁLISIS EN INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1 Recolección de datos	37
4.1.1 Adquisición del acero galvanizado ASTM A-924M y revisión de sus especificaciones técnicas.	38
4.1.2 Obtención de probetas para el proceso GMAW con alambre ER 70S-3 y alambre ER 70S-6	38
4.1.3 Realización de ensayos	38
4.1.3.1 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.2 AWS D1.3)	39

(preliminar)	
4.1.3.2 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3) (preliminar)	41
4.1.3.3 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3) (preliminar)	43
4.1.3.4 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3) (preliminar)	45
4.1.3.5 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3) (preliminar)	47
4.1.3.6 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3) (preliminar)	49
4.1.3.7 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-3 (fig. 2.2 AWS D1.3)	52
4.1.3.8 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.2 AWS D1.3)	53
4.1.3.9 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)	55
4.1.3.10 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)	56
4.1.3.11 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3)	58
4.1.3.12 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3)	59
4.1.3.13 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3)	61
4.1.3.14 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3)	62
4.1.3.15 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3)	64
4.1.3.16 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3)	65
4.1.3.17 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3)	67
4.1.3.18 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3)	68
4.1.3.19 Ensayo de tracción con alambre ER70S-3	71
4.1.3.20 Ensayo de tracción con alambre ER70S-6	80

4.1.3.21 Ensayo de tintas penetrantes con alambre ER70S-3	88
4.1.3.22 Ensayo de tintas penetrantes con alambre ER70S-6	91
4.1.3.23 Ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-3	95
4.1.3.24 Ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-6	98
4.1.3.25 Ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-3	102
4.1.3.26 Ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-6	105
4.1.3.27 Ensayo metalográfico del material base	109
4.1.3.28 Ensayo metalográfico con alambre ER70S-3	110
4.1.3.29 Ensayo metalográfico con alambre ER70S-6	111
4.2 Análisis de resultados	113
4.3 Verificación de la hipótesis	113
CAPÍTULO V	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1 Conclusiones	115
5.2 Recomendaciones	116
MATERIALES DE REFERENCIA	118
1. Bibliografía	118
2. Anexos	119
Anexo A: Hoja de datos de soldadura WPS.	119
Anexo B: Formato para el ensayo de doblez guiado.	120
Anexo C: Formato para el ensayo de tracción.	121
Anexo D: Formato para el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y coloreadas.	122
Anexo E: Formato para el ensayo de partículas magnéticas.	123
Anexo F: Formato para la tabulación de resultados de los ensayos de tintas penetrantes fluorescentes, tintas penetrantes coloradas y partículas magnéticas.	124
Anexo G: Norma ASTM E-165	125

Anexo H: Extracto de la Norma AWS D1,3/2008.	136
Anexo I: Extracto de la Norma INEN 109:2009	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Categorización de variables	4
Figura 2. 2: Proceso de manufactura	5
Figura 2. 3: Posición de soldadura en placa de soldadura de ranura	7
Figura 2. 4: Junta a Tope	7
Figura 2. 5: Juntas de solape	8
Figura 2. 6: Juntas en ángulo y en T	8
Figura 2.7: Soldadura a Filete	8
Figura 2. 8: Orientación del alambre.	12
Figura 2.9: Efecto de la posición del electrodo y de la técnica de soldadura.	13
Figura 2.10: Plancha de acero galvanizado.	14
Figura 2.11: Kit de tintas penetrantes.	19
Figura 2.12: Esquema del catálogo Helling (capilaridad)	20
Figura 2.13: Fuerza de cohesión y adherencia	21
Figura 2.14: Partículas magnéticas.	22
Figura 2.15: Esquema de bobina de magnetización	23
Figura2.16: Yugo de patas articuladas.	23
Figura 2.17: Porosidad en juntas soldadas	25
Figura 2.18: Falta de penetración en soldadura	25
Figura 2.19: Exceso de penetración	26
Figura 2.20: Falta de relleno	26
Figura 2.21: Concavidad interna	27
Figura 2.22: Fisura longitudinal.	28
Figura 2.23: Fisura transversal.	29
Figura 4.1: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.2 AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	40

Figura 4.2: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.2 AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	42
Figura 4.3: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	44
Figura 4.4: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	46
Figura 4.2.5: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	48
Figura 4.6: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	50
Figura 4.7: Resultado final del ensayo de doblez guiado (preliminar)	51
Figura 4.8: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.2 AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	54
Figura 4.9: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.2 AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	57
Figura 4.10: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	60
Figura 4.11: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	63
Figura 4.12: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	66
Figura 4.13: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)	69
Figura 4.14: Resultado final del ensayo de doblez guiado (Luego de haber realizado el WPS preliminar)	70
Figura 4.15: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (ensayo de tracción)	79
Figura 4.16: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (ensayo de tracción)	87
Figura 4.17: Resultado final del ensayo de tracción	87
Figura 4.18: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (tintas penetrantes fluorescentes)	90

Figura 4.19: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (tintas penetrantes fluorescentes)	93
Figura 4.20: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes	94
Figura 4.21: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (partículas magnéticas)	97
Figura 4.22: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (partículas magnéticas)	100
Figura 4.23: Resultado final del ensayo de partículas magnéticas	101
Figura 4.24: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (tintas penetrantes coloreadas)	104
Figura 4.25: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (tintas penetrantes coloreadas)	107
Figura 4.26: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes coloreadas	108
Figura 4.27: Resultado final del ensayo metalográfico	112
Figura 4.28: Resultado final de los diferentes tipos de ensayos.	113
Figura 4.3.1: Resultado de la verificación de la hipótesis	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Elección de la corriente de soldadura	10
Tabla 2.2: Designación ASTM A924	16
Tabla 2.3: Tipos de discontinuidades	24
Tabla 3.1: Tabla de la muestra	33
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable independiente	34
Tabla 3.3: Operacionalización de la variable dependiente	35
Tabla 4.1: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.2 AWS D1.3	40
Tabla 4.2: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.2 AWS D1.3	42
Tabla 4.3: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3	44
Tabla 4.4: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3	46
Tabla 4.5: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3	48
Tabla 4.6: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3B AWS D1.3	50
Tabla 4.7: Resultado final del ensayo de doblez guiado (preliminar)	51
Tabla 4.8: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.2 AWS D1.3	54
Tabla 4.9: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.2 AWS D1.3	57
Tabla 4.10: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3	60
Tabla 4.11: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3	63
Tabla 4.12: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3	66

Tabla 4.13: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3B AWS D1.3	69
Tabla 4.14: Resultado final del ensayo de doblez guiado (Luego de haber realizado el WPS preliminar)	70
Tabla 4.15: Resultados del ensayo de tracción con alambre ER70S-3	79
Tabla 4.16: Resultados del ensayo de tracción con alambre ER70S-6	87
Tabla 4.17: Resultado final del ensayo de tracción	87
Tabla 4.18: Resultados del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-3	90
Tabla 4.19: Resultados del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-6	93
Tabla 4.20: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes	94
Tabla 4.21: Resultados del ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-3	97
Tabla 4.22: Resultados del ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-6	100
Tabla 4.23: Resultado final del ensayo de partículas magnéticas	101
Tabla 4.24: Resultados del ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-3	104
Tabla 4.25: Resultados del ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-6	107
Tabla 4.26: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes coloreadas	108
Tabla 4.27: Resultado final del ensayo metalográfico	112
Tabla 4.28: Resultado final de los diferentes tipos de ensayos.	113
Tabla 4.3.1: Resultados de la verificación de la hipótesis	114

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Jairo David Corrales Córdova

Tutor: Ing. Juan Paredes Salinas, Mg

Fecha: Mayo de 2016

TEMA: “ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW CON ALAMBRE ER70S-3 Y ER70S-6 EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS UTILIZANDO PERFILES CONFORMADOS DE ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M PARA DETERMINAR LA DEFECTOLOGÍA EN LAS JUNTAS SOLDADAS EN LA EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS”

RESUMEN EJECUTIVO

El análisis del presente trabajo experimental es muy necesario porque uno de los principales sectores industriales de la provincia de Tungurahua es el sector metalmecánico, que en muchos casos se encuentra dedicado a la construcción de elementos mecánicos y estructuras metálicas de diferentes configuraciones, además esta área es la que más control tiene por parte de las normativas de construcción ecuatorianas.

Este trabajo inicia con la compra del acero galvanizado ASTM A-924M, material utilizado en el proceso de fabricación de carrocerías en la EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS, para realizar las probetas se utilizó la norma AWS D1.3 y los dos tipos de alambres el ER70S-3 y el ER70S-6 los cuales fueron utilizados en el proceso de soldadura GMAW de la presente investigación; los ensayos que se efectuaron fueron los de doblez guiado, tracción, tintas penetrantes fluorescentes, partículas magnéticas, tintas penetrantes coloreadas y análisis metalográfico realizados en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato.

Al evaluar los resultados obtenidos se determinó que el mejor tipo de alambre en el proceso de fabricación de carrocerías es el ER70S-6 porque posee mejores características tales como: bajo consumo de electricidad, excelente resistencia a las grietas, poca deformación después de la soldadura, altos niveles de desoxidantes, etc.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

“ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW CON ALAMBRE ER70S-3 Y ER70S-6 EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS UTILIZANDO PERFILES CONFORMADOS DE ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M PARA DETERMINAR LA DEFECTOLOGÍA EN LAS JUNTAS SOLDADAS EN LA EMPRESA CARROCERÍAS FIALLOS”

1.2 Antecedentes

Para el presente estudio se ha tomado como referencia investigaciones realizadas con anterioridad de las cuales se detallan las siguientes:

En la tesis del Ing. Fredy Estuardo Hidalgo Ortiz de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad Civil y Mecánica con el tema: “ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DEL AMPERAJE AL REALIZAR SOLDADURAS A TOPE MEDIANTE PROCESO GMAW APLICADO A LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 5086-H116 Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR” en donde menciona que: Al realizar las soldaduras a tope en aleaciones de aluminio 5086 H-116, mediante el proceso GMAW y con material de aporte el alambre ER5356, se establece la influencia del amperaje sobre las propiedades mecánicas del cordón de soldadura y de la zona afectada por el calor ZAC (Hidalgo, 2014).

En la tesis del Ing. Héctor Xavier Acosta Herrera de la Escuela superior Politécnica Del Litoral con el tema: “PROCEDIMIENTO DE CONTROL E INSPECCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE SOLDADO DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.5” este tema menciona que se debe tener conocimiento de las características del material con el cual se trabajara, para poder definir la necesidad de procedimientos de inspecciones para determinar la calidad del cordón de soldadura.

1.3 Justificación

En la empresa CARROCERÍAS FIALLOS existe la necesidad de realizar el análisis de las juntas soldadas con el proceso GMAW aplicándolo en el acero galvanizado ASTM A924M, el cual requiere optimizar este tipo de área por la importancia que esta tiene en la estructura metálica, ya que al fallar la soldadura puede comprometer toda la estabilidad de la armadura de la carrocería. Además esta área es la que más control tiene por parte de la normativa de construcción ecuatoriana (INEN1 323) como también se analizó la correcta utilización de procesos de ensayos no destructivos para el proceso de fabricación.

Es importante mencionar que uno de los principales sectores industriales de la provincia de Tungurahua es el sector metalmecánico, que en muchos casos se encuentra dedicado a la construcción de elementos mecánicos y estructuras metálicas de diferentes configuraciones.

También se pretende alcanzar estándares altos de calidad en el área de soldadura de la empresa “CARROCERÍAS FIALLOS” basados en normativas AWS D1.3 para estructuras metálicas como también en la NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción), todo esto basado en el correcto proceso de la soldadura GMAW que es la que más se utiliza actualmente en el área de soldadura.

Es importante mencionar que la empresa no cuenta con especificaciones de proceso de soldadura o (WPS), para utilizar técnicas de soldadura repetibles y fiables.

En la actualidad los procesos de soldadura se realizan de maneras empíricas y basadas en la experiencia del trabajador, razón por la cual se producen constantemente defectos y correcciones en las soldaduras realizadas.

El contar con la documentación necesaria en los procesos repetibles y no repetibles dentro de los diferentes procesos de soldadura garantizará que la soldadura se realizó mediante un correcto procedimiento y basado en la normas establecidas.

Los requerimientos empresariales son de vital importancia para el presente estudio ya que se pretende alcanzar estándares ISO 9001 de calidad en sus procedimientos importantes que el principal proceso de unión soldada este según normativa vigente y

aplicable al proceso de fabricación de carrocerías con perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924 M.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estudiar la variación de los parámetros del proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 en el proceso de fabricación de carrocerías utilizando perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924M para reducir la defectología en las juntas soldadas en la empresa Carrocerías Fiallos.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el proceso de obtención de probetas requeridas para los ensayos bajo la norma AWS D1.3

Definir los parámetros que intervienen en el proceso de soldadura GMAW en acero galvanizado ASTM A-924M

Determinar los defectos de las juntas soldadas del acero galvanizado ASTM A-924M mediante los ensayos de dobléz guiado y ensayo de resistencia a la tracción para el proceso GMAW bajo la norma AWS D1.3

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación teórica

VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE DEPENDIENTE

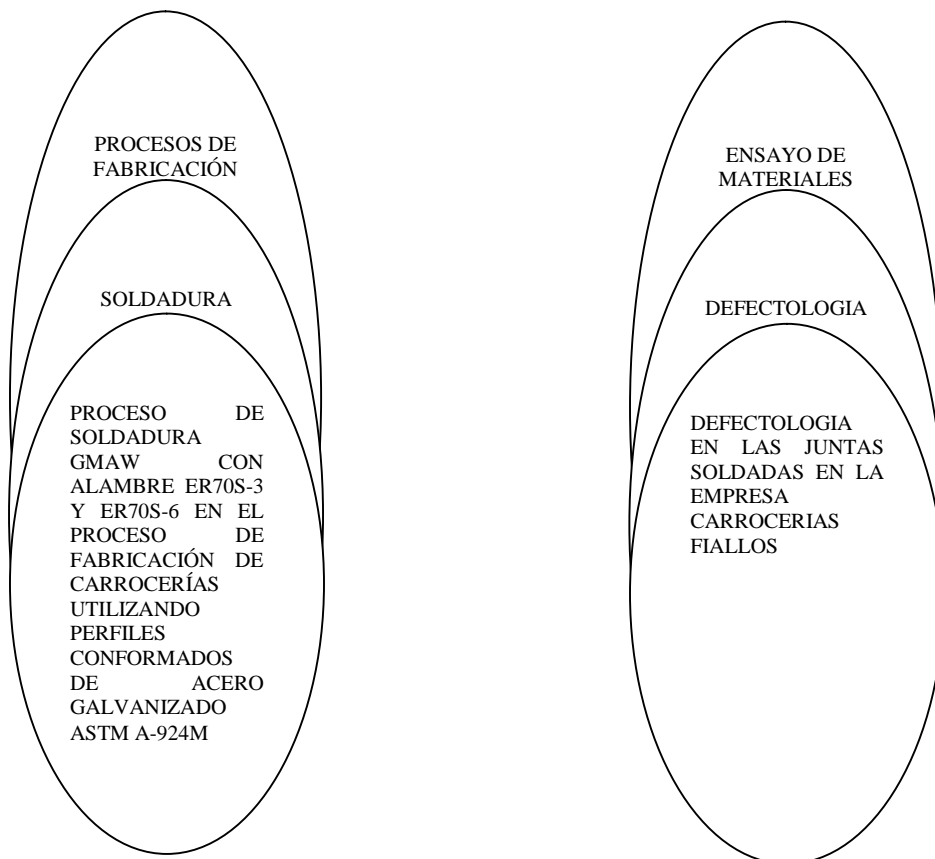


Figura 2. 1: Categorización de variables

(Fuente: Autor)

2.1.1 Procesos de fabricación

Un proceso de fabricación, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética.

2.1.1.1 Clasificación de los procesos de fabricación

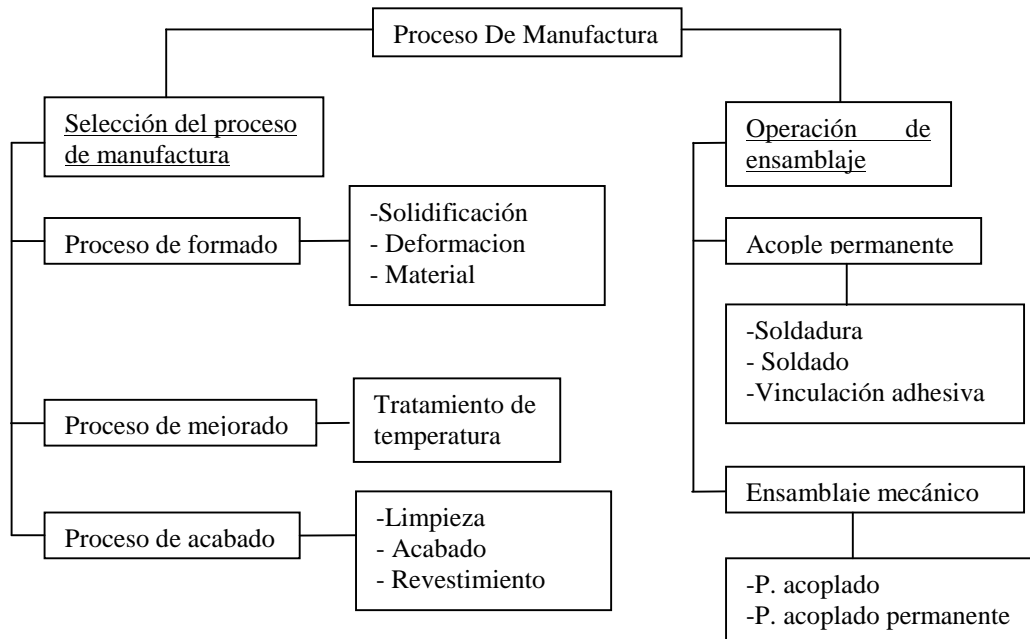


Figura 2. 2: Proceso de manufactura

(Fuente: <http://www.academica.mx/blogs/procesos-manufactura>)

2.1.1.2 Métodos de unión

- ✓ Fusión. a) Autógena Oxicitileno b) Arco eléctrico MIG/TIG/MAG atm. Inerte, UP polvo c) Haz de electrones d) Plasma e) Láser Pr
- ✓ Resistencia. a) Resistencia b) Ultrasonidos c) Explosión d) Presión en caliente e) Fricción Alta frecuencia
- ✓ Heterogénea. a) Según temperatura: Soldadura fuerte y soldadura blanda. b) Según método: A la llama, inmersión, al horno e inducción.

2.1.2 Soldadura

2.1.2.1 Origen y evolución de la soldadura

El arte de trabajar metales, incluyendo la soldadura, fue un arte en la antigua Grecia desde hace por lo menos tres mil años, pero la soldadura se había practicado, sin duda alguna, durante muchos siglos antes de aquellos días. La soldadura antigua era probablemente un proceso de forja en el que los metales eran calentados a cierta temperatura (no a la de fusión) y unidos a golpe de martillo. La mayor parte de

procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. [1]

2.1.2.2 Ventajas de la soldadura

Algunas de las muchas ventajas de la soldadura, se presentan en los párrafos siguientes:

- ✓ La primera ventaja está en el área de la economía, porque el uso de la soldadura permite grandes ahorros en el peso del acero utilizado.
- ✓ Las estructuras soldadas permiten eliminar un gran porcentaje de las placas de unión el empalme, tan necesarias en las estructuras remachadas o atornilladas, así como la eliminación de las cabezas de remaches o tornillos.
- ✓ Las estructuras soldadas son estructuras más rígidas, porque los miembros por lo general están soldados directamente uno a otro.

2.1.2.3 Posiciones de soldadura

Es preferible realizar una soldadura en posición plana o bajo la mano para facilitar el trabajo del operario al depositar el material y con velocidad adecuada, el charco es mayor en esta posición, con una solidificación lenta y velocidad de enfriamiento, permitiendo a los gases desarrollarse gradualmente desde el charco, reduciendo la porosidad en la soldadura. En posiciones vertical y horizontal es más difícil lograr una soldadura aceptable debido a que el charco por la fuerza de gravedad tiende a caer, este efecto es más marcado en el proceso MIG que con el TIG, por esto se justifica que la posición plana da mejor calidad de soldadura a un menor costo, la soldadura se la realiza en la posición definitiva de los elementos estructurales, para eso se han desarrollado varias técnicas para distintas posiciones, mismas que se pueden clasificarse de acuerdo a la posición que se encuentra la unión o las secciones que serán soldadas. [2]

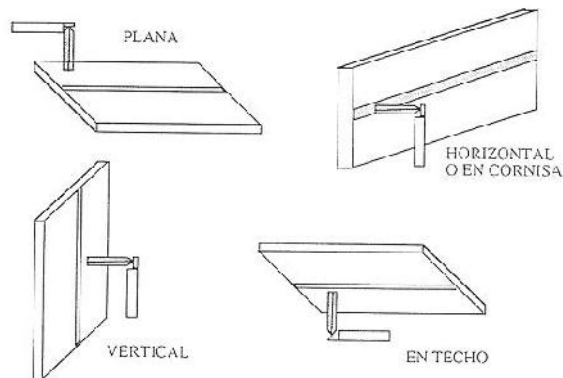


Figura 2. 3: Posición de soldadura en placa de soldadura de ranura

(Fuente: Catalogo INDURA, Pag.6)

2.1.2.4 Tipos de juntas

Están formadas en esencia por dos piezas de metal solapadas o traslapadas, que se unen por fusión mediante soldadura de puntos, de filete, de tapón o de agujero alargado. [3]

a) Junta a tope

Está comprendida entre los planos de las superficies de las dos partes. Las juntas a tope pueden ser simples, escuadradas, biseladas, en V, de ranuras de una sola J, de ranura de una sola U, o dobles.

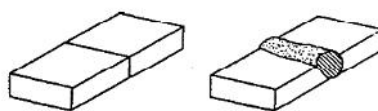


Figura 2. 4: Junta a Tope

(Fuente: Catálogo de INDURA, Pag.9)

b) Juntas de solape

En este tipo de juntas, los bordes de las chapas, no requieren preparación mecánica ya que los mismos van superpuestos. Cuando la pieza a soldar no debe sobrepasar grandes esfuerzos mecánicos, no será necesario soldar ambos lados de las solapa. [2]

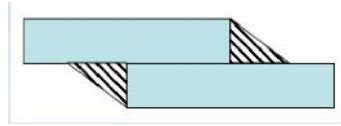


Figura 2. 5: Junta de solape
(Fuente: Catalogo INDURA, Pag.6)

c) Juntas en ángulo y en T o filete

Son juntas donde las piezas debido a su configuración, forman ángulos interiores y exteriores, en el punto a soldar. Debido a esta particularidad, los bordes no requieren preparación mecánica.

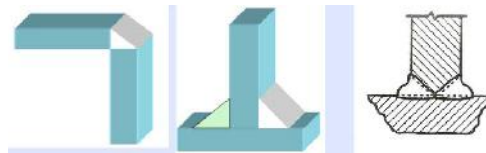


Figura 2. 6: Juntas en ángulo y en T
(Fuente: Catalogo INDURA, Pag.6)

d) Junta a filete

Son similares a las de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que éstas. Las juntas soldadas de filete son simples de preparar desde el punto de vista de preparación y ajuste de borde, aunque a veces se requieran de más soldadura que las juntas soldadas de ranura.

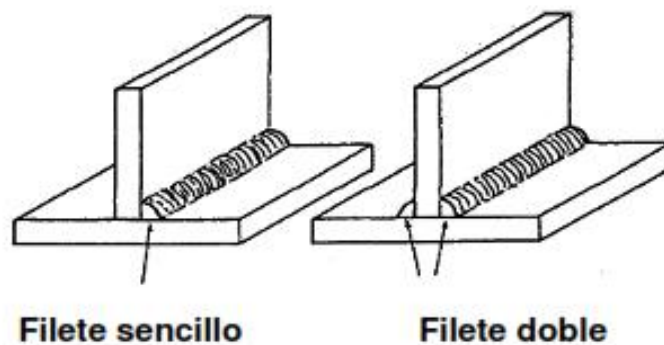


Figura 2.7: Soldadura a Filete
(Fuente: Catalogo INDURA, Pag.11)

2.1.3 Procesos de soldadura

2.1.3.1 Soldadura GMAW

El proceso GMAW (también conocido como MIG en inglés, o con metal y gas inerte) es, un proceso en el cual el electrodo consumible, sólido y desnudo, es protegido de la atmósfera por medio de una atmósfera protectora proporcionada en forma externa, en general de bióxido de carbono, de mezclas de argón o de gases con base de helio. Existen dos medios para aplicar este proceso. Un método para todas las posiciones, en el que se utiliza una pistola movida a mano, y otro de cabeza automática, que se utiliza primordialmente para la soldadura en posición plana. [5]

La transferencia del metal por el proceso MIG se logra por uno de dos métodos: el método del arco de rocío y el método del corto circuito. Por esta razón, el método del arco de rocío produce un depósito pesado de metal de aporte. Por tanto debe restringirse este método a la soldadura de una sola pasada o a la de varias pasadas en posición plana u horizontal. El método del corto circuito es excepcionalmente adecuado para soldar secciones delgadas en cualquier posición de aplicación. Como conclusión podemos decir que el proceso GMAW es un proceso semiautomático, automático o robotizado de soldadura que utiliza un electrodo consumible y continuo que es alimentado con la pistola es protegido con gas que puede ser inerte o activo que crea la atmósfera protectora. [4]

2.1.3.2 Ventajas de la soldadura MIG/MAG (GMAW)

Las ventajas de la soldadura GMAW con respecto a la convencional por arco con electrodo son numerosas. Los fabricantes de automóviles, las compañías de seguros, y órganos dependientes del Ministerio de Industria requieren o recomiendan que se use este proceso en casi todas las reparaciones de soldaduras. [5]

- ◆ Es fácil de aprender. El soldador puede aprender a utilizar el equipo de soldadura GMAW con pocas horas de instrucción y práctica. Puede que se necesite más tiempo para dominar los ajustes del equipo.
- ◆ Puede producir soldaduras de mejor calidad, más rápidamente y con más consistencia que las convencionales de electrodo recubierto.

- ◆ Se puede utilizar baja corriente para soldar metales finos.
- ◆ Las altas velocidades de soldadura y las bajas corrientes evitan que las áreas adyacentes se dañen debido al calor con pérdida de resistencia y alabeo.
- ◆ Casi todas las carrocerías de automóviles fabricadas con acero se pueden soldar con el sistema GMAW, con un tipo común de hilo para soldar.
- ◆ Con GMAW se pueden soldar metales de diferentes espesores utilizando el mismo diámetro de hilo.

2.1.3.3 Corriente de soldadura

Cuando todas las otras variables se mantienen constantes, el amperaje de soldadura varía con la velocidad de alimentación del electrodo, o la de fusión, en una relación no lineal. Cuando la velocidad de alimentación del electrodo se varíe, el amperaje de soldadura variará en forma similar si se está utilizando una fuente de potencia de voltaje constante. [5]

Tabla 2.1: Elección de la corriente de soldadura

Materia y espesor aproximado	Corriente alterna	Corriente Continua	
	Con estabilización de alta frecuencia	Polaridad directa	Polaridad inversa
Piezas fundidas en Aluminio	1	N.R	N.R
Acero inoxidable	2	1	N.R
Aleaciones de latón	2	1	N.R
Cobre silicioso	N.R	1	N.R
Plata	2	1	N.R
Enchapado de plata	1	N.R	N.R
Recubrimiento duro	1	1	N.R
Fundición de hierro	2	1	N.R
Acero bajo % C de 0,55mm a 0,76mm	2	1	N.R
Acero alto % C de 0,55mm a 0,76mm	2	1	N.R
Acero bajo % C de 0,76mm a 3,18mm	N.R	1	N.R
Acero alto % C de 0,76mm y más	2	1	N.R
Cobre desoxidado	N.R	1	N.R

(Fuente: http://www.metalactual.com/revista/10/procesos_soldadura.pdf)

2.1.3.4 Polaridad

El término polaridad se utiliza para describir la conexión eléctrica de la pistola de soldadura con relación a los terminales de una fuente de potencia que produzca

corriente continua. Cuando el cable de la pistola se conecta al terminal positivo de la máquina, la polaridad es conocida como corriente directa electrodo positivo (DCEP), también conocida como polaridad invertida. La inmensa mayoría de las aplicaciones en GMAW utilizan polaridad invertida (DCEP). Esta condición proporciona un arco estable, una transferencia suave del metal de soldadura, salpicaduras relativamente bajas, buenas características del cordón de soldadura y una mayor profundidad de la penetración para un amplio rango de corrientes de soldadura.

2.1.3.5 Voltaje De Arco (Longitud De Arco)

Los términos Voltaje de Arco y Longitud de Arco son a menudo utilizados indistintamente. La verdad es que estos términos son diferentes aun cuando efectivamente están relacionados. En el proceso GMAW la longitud de arco es una variable crítica que debe ser cuidadosamente controlada. Por ejemplo, en la transferencia por spray con protección de argón, un arco que sea demasiado corto experimenta cortos circuitos momentáneos. Estos cortocircuitos causan fluctuaciones de presión que bombean aire hacia el chorro del arco, produciendo porosidad y pérdida de ductilidad por el nitrógeno absorbido. [5]

Los niveles establecidos de voltaje del arco varían dependiendo del tipo de material base, gas de protección y el tipo de transferencia de metal.

2.1.3.6 Velocidad de avance

La velocidad de avance o de desplazamiento es la tasa de movimiento lineal del arco a lo largo de la junta a soldar. Con todas las otras condiciones constantes, la penetración de la soldadura es máxima con una velocidad de avance intermedia. [6]

Cuando se reduce la velocidad de avance, se aumenta la deposición del metal de aporte por unidad de longitud. En la medida en que se aumenta la velocidad de avance, la cantidad de energía térmica por unidad de longitud de soldadura transferida desde el arco hacia el metal base al principio se aumenta, ya que el arco actúa más directamente sobre el metal base.

2.1.3.7 Orientación del alambre

La orientación del alambre se describe de dos maneras: primero, por la relación entre el eje del alambre y la dirección de desplazamiento (ángulo de desplazamiento) y segundo, con el ángulo entre el eje del alambre y la superficie de la pieza de trabajo (ángulo de trabajo). Cuando el alambre apunta en la dirección opuesta a la dirección del desplazamiento, la técnica se denomina soldadura de revés con ángulo de arrastre. [6]

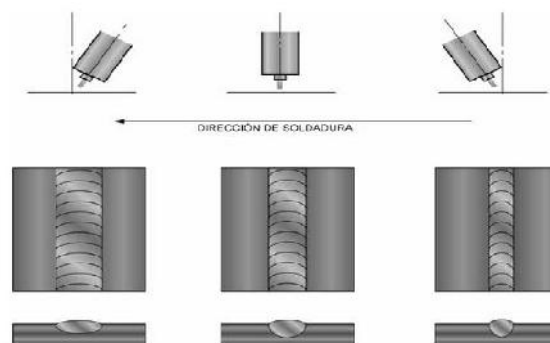


Figura 2. 8: Orientación del alambre de soldadura.

(Fuente: [soldadura.org.ar /index.php?...soldadura...migmag...soldadura...](http://soldadura.org.ar/index.php?...soldadura...migmag...soldadura...))

Cuando el alambre apunta en la dirección del desplazamiento, la técnica se conoce como soldadura de derecha o avance con ángulo de empuje.

Cuando el electrodo se saca de la perpendicular dándole un ángulo de ataque y con todas las demás condiciones sin alteración, la penetración disminuye y el cordón de soldadura se hace más ancho y plano. La máxima penetración en la posición plana se obtiene con la técnica de arrastre, empleando un ángulo de arrastre de unos 25° con respecto a la perpendicular. Esta técnica también produce un cordón de soldadura más convexo y angosto, un arco más estable y menos salpicaduras sobre la pieza de trabajo. Para todas las posiciones, el ángulo de desplazamiento que generalmente se utiliza es un ángulo de arrastre que esté entre 5° y 15° con el fin de tener un buen control y protección del charco de soldadura.

Para algunos materiales, tales como el aluminio, se prefiere una técnica de avance.

Esta técnica produce una “acción limpiadora” adelante del metal de soldadura fundido que reduce su tensión superficial y la oxidación del metal base. Cuando se

requiere ejecutar soldaduras de filete en la posición horizontal (2F), el electrodo deberá colocarse a unos 45° respecto al miembro vertical (ángulo de trabajo), tal como se ilustra en la Figura 2.12.

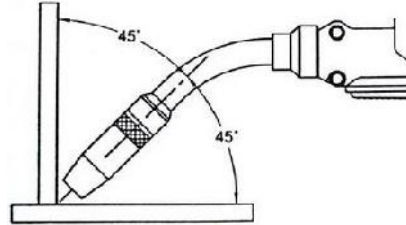


Figura 2.9: Efecto de la posición del electrodo y de la técnica de soldadura.

(Fuente: soldadura.org.ar/index.php?...soldadura...migmag...soldadura...)

2.1.3.8 Tipos de alambres para soldadura GMAW

La mayoría de los alambres para acero al carbono están catalogados bajo una designación de la American Welding Society (AWS) del tipo **E R 70 S – x** (sistema imperial), donde:

E: electrodo

R: varilla de aporte

70: resistencia mínima a la tracción expresada en miles de libras/pulgada cuadrada (psi)

S: sólido

x: dígito que representa la composición química del electrodo, puede valer “2”, “3”, “4”, “6” o “7” y corresponde a cantidades variables de carbono, manganeso y silicio, además de cantidades fijas de fósforo, azufre, níquel, cromo, molibdeno, cobre y otros.

Las propiedades de cada alambre, de acuerdo a este último dígito son las siguientes:

1. Alambre ER70S-2

Hace una buena soldadura con el gas C-25 (75% argón + 25% CO₂), incluso en acero oxidado. De toda la serie, es el único que contiene titanio, zirconio y aluminio, además de todos los elementos mencionados más arriba.

2. Alambre ER70S-3

Es uno de los alambres más comunes y menos costosos, con más desoxidantes y un charco más fluido que forma un cordón más amplio.

3. Alambre ER70S-4

Es un alambre de precio medio, adecuado para casi todas las soldaduras de acero. Ofrece una buena fluidez y mejores características de arco que el E70S-3, pero tiene más salpicaduras y se utiliza en acero estructural, embarcaciones, tuberías y recipientes de calderas.

4. Alambres ER70S-6 y ER70S-7

Son los alambres de mejor rendimiento y mayor costo, y los que tienen los mayores niveles de silicio y manganeso como desoxidantes. Son adecuados para la soldadura de casi todos los aceros, desde acero al carbono fino hasta placas de 1/2 pulgada (con el diámetro apropiado de alambre), funciona con las mezclas de gases más usadas y el charco posee una buena fluidez.

2.1.4 Acero estructural



Figura 2.10: Plancha de acero galvanizado.

(Fuente: http://disensa.com/main/images/pdf/perfileria_acero.pdf...)

Es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería metalúrgica a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas. Existen muchos tipos de acero en función de los elementos aleantes que estén presentes. La definición en porcentaje de

carbono corresponde a los aceros al carbono, en los cuales este no metal es el único aleante, o hay otros pero en menores concentraciones. Otras composiciones específicas reciben denominaciones particulares en función de múltiples variables como por ejemplo los elementos que predominan en su composición (aceros al silicio), de su susceptibilidad a ciertos tratamientos (aceros de cementación), de alguna característica potenciada (aceros inoxidables) e incluso en función de su uso (aceros estructurales). [7]

2.1.4.1 Composición del acero

La estructura del acero se compone de una mezcla de fases, con diversas propiedades mecánicas. Las proporciones de estas fases y sus composiciones serán determinantes del comportamiento de este material.

2.1.4.2 Normas ASTM

En los últimos años, la producción del acero a nivel mundial ha tenido cambios significativos. Actualmente existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de tipos de acero que se usan profundamente en la industria de la construcción, naval, mecánica, petrolera y en diversas estructuras especiales, y que evolucionaron debido a las necesidades derivadas de los avances tecnológicos acelerados en los diversos campos de la ingeniería.

Los aceros estructurales laminados en caliente, se producen en forma de placas, barras y perfiles de diversas formas.

Las normas aprobadas por la ASTM para placas y perfiles laminados en caliente son: A36, A529, A572, A242, A588, A709, A514, A852, A913, A924 y A992.

a) ASTM A36: Esta norma es aplicable a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aún están disponibles en el mercado. Tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm² (400 a 550 Mpa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada.

b) ASTM A924: Es la especificación básica para los productos con inmersión en caliente y se encuentra bajo revisión continua de los productores y consumidores de productos de acero revestidos, dice Armbruster. La participación de una amplia representación de usuarios y productores aumenta el conocimiento de la disponibilidad y las nuevas aplicaciones potenciales para el producto.

Tabla 2.2: Designación ASTM A924

Designación del ASTM. Descripción	Producto	F _y (min) kg/cm ²	F _u (min/max) kg/cm ²	% elongación en 5.08 cm (min)	F _u /F _y (min)
Esta especificación cubre al acero de carbono de calidad estructural para construcción remachada, atornillada o soldada de puentes y edificios y para aplicaciones estructurales generales.	Lamina	2530	4076/5622	23	1.61

(Fuente: http://disensa.com/main/images/pdf/perfileria_acero.pdf)

c) ASTM A529: El ASTM A529 se usa con mucha frecuencia en la construcción de edificios de acero, también es un grado de acero común en barras y perfiles (ángulos, canales de calidad estructural). Los esfuerzos F_y y F_u mínimos son 42 y 60-85 ksi (2 950 y 4 220 a 5 975 kg/cm²).

d) ASTM A572: Este acero está disponible en varios grados dependiendo del tamaño del perfil y grueso de la placa. El grado 50, con F_y = 345 Mpa o 50 ksi (3 515 kg/cm²) y F_u = 450 Mpa o 65 ksi (4 570 kg/cm²) está disponible en todos los tamaños y espesores de placa hasta 100 mm (4 in).

e) ASTM A992. Se produjo para usarse en construcción de edificios, y está disponible solamente en perfiles tipo W. Para propósitos prácticos se trata de un acero A572 grado 50 con requisitos adicionales. Específicamente, además de un esfuerzo de fluencia mínimo especificado de 345 Mpa o 50 ksi (3 515 kg/cm²), el A992 también proporciona un límite superior de F_y de 65 ksi (4 570 kg/cm²). La relación F_y/F_u no es mayor de 0.85 y el carbono equivalente no excede de 0.50. Ofrece características excelentes de soldabilidad y ductilidad. [5]

2.1.5 Ensayos de materiales

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades de un material. Existen distintos ensayos, que nos darán las diferentes propiedades y características del material.

Existen diversas clasificaciones de los ensayos de materiales como:

En función del deterioro del material (Destructivos y END)

En función de la finalidad del ensayo (Técnicos y Científicos)

En función de la propiedad a determinar:

- Ensayos Químicos
- Ensayos Físicos
- Ensayos Mecánicos
- Ensayos Tecnológicos

2.1.5.1 Ensayos destructivos y no destructivos

a) Ensayo de tracción

[8] La probeta de ensayo estándar se usa para obtener una variedad de características y resistencia de los materiales que se emplea en el diseño, una probeta típica y sus dimensiones características. El diámetro original d_0 y la longitud calibrada l_0 , lo que se usa para medir la deflexión, se registra antes de comenzar la prueba. Después, la probeta se monta en la máquina de prueba y se carga lentamente en tensión mientras se observan la carga P y la flexión la carga se convierte en esfuerzo mediante la fórmula:

$$S_{ut} = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Ec 1.

Donde A_0 es el área original de la probeta.

La deflexión, o extensión de la longitud calibrada, está dada por $(l_f - l_o)$ donde l es la longitud calibrada correspondiente a la carga P . la deformación unitaria normalmente se calcula a partir de

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

Ec 2.

A la conclusión de la prueba, o durante ella, se grafican los resultados como un diagrama de esfuerzo-deformación unitaria.

b) Ensayo de doblado

La AWS 5.1 también establece que las probetas para ensayo de doblado deben tener un tratamiento térmico después de maquinado y antes de ser ensayadas, esto de acuerdo al espesor del material. De igual manera que el ensayo de tracción, se hace referencia a la norma AWS B4.0 sección de doblado, para dimensiones específicas de la probeta y método de ensayo. Así se debe doblar la probeta de manera uniforme a través de 180° sobre 19mm (3/4 in) de radio en cualquier plantilla adecuada. El posicionamiento de la cara de doblado debe ser tal que la cara del último lado soldado deberá estar en tracción. Cada muestra, después del doblado, deberá ajustarse a los 19 mm de radio, con una asignación apropiada para la recuperación elástica, y el metal de soldadura no deberá contener aberturas en exceso de 3mm (1/8 in) sobre la superficie convexa.

c) Ensayo metalográfico

La Metalografía estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación. El microscopio es la herramienta más importante del metalurgista, mediante éste es posible determinar el tamaño, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas; además la microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal.

Tamaño de grano

Una de las mediciones microestructurales cuantitativas más comunes es aquella del tamaño de grano de metales y aleaciones. Numerosos procedimientos han sido

desarrollados para estimar el tamaño de grano, estos procesos están sintetizados en detalle en la norma ASTM E112.

Los principales métodos para la determinación del tamaño de grano recomendados por la ASTM (American Society for Testing and Materials) son:

- Método de Comparación
- Método Planimétrico
- Método de Intersección

d) Método de líquidos penetrantes



Figura 2.11: Kit de tintas penetrantes.

Fuente: (Autor)

La examinación por líquidos penetrantes es un método para detectar discontinuidades que se encuentran abiertas a la superficie y que no son apreciables a simple vista. Consiste en aplicar un líquido sobre la superficie dejándolo actuar durante unos minutos para que penetre en los posibles defectos. Después se retira el exceso, limpiando la superficie y aplicando un revelador, polvo u otros productos que se impregnan con el líquido evidenciando claramente el defecto. Se emplean dos tipos de líquidos penetrantes como son fluorescentes que son los más indicados para la inspección en taller y coloreados para la inspección en obra. Puede ser aplicado tanto en soldaduras, tuberías, fundiciones, partes de aluminio, etc. Las discontinuidades típicas detectadas por este método son fisuras, laminaciones, poros, falta de adhesión, etc. [9]

Aprovechando algunas propiedades de los líquidos descritas:

Capilaridad

Es la cualidad que posee una sustancia para absorber un líquido. Sucede cuando las fuerzas intermoleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son mayores que las fuerzas intermoleculares cohesivas del líquido. Esto causa que el menisco tenga una forma curva cuando el líquido está en contacto con una superficie vertical. En el caso del tubo delgado, éste succiona un líquido incluso en contra de la fuerza de gravedad. Este es el mismo efecto que causa que los materiales porosos absorban líquidos.

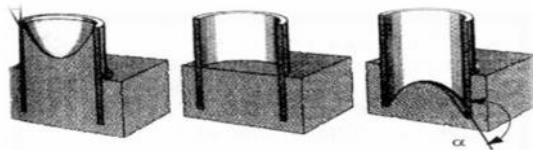


Figura 2.12: Esquema del catálogo Helling (capilaridad)

(Fuente: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS. Líquidos Penetrantes, Ing. Juan Carlos Sandoval. & Ing. Carolina Idrovo, UTA, 2009, pág. 9)

Viscosidad

Esta propiedad no produce efecto alguno en la habilidad del líquido para penetrar, aunque afecta la velocidad de penetración. Los penetrantes de alta viscosidad penetran lentamente, en tanto que los de baja viscosidades escurren muy rápido y tiene la tendencia a no ser retenidos en los defectos de poca profundidad; por lo tanto se recomienda una viscosidad media.

Gravedad específica

La gravedad específica es una comparación entre la densidad de un penetrante y la densidad del agua destilada a 4° C tiene un valor de 1 (uno). El penetrante debe tener una gravedad específica menor que 1 para evitar que en un recipiente por ejemplo, el agua flote en la superficie del penetrante, ya que puede afectar la sensibilidad del ensayo.

Volatilidad

Está definida por la presión de vapor y el punto de ebullición de un líquido. Es recomendable una baja volatilidad del penetrante para evitar las pérdidas por

evaporación especialmente en tanques abiertos. Un penetrante de alta volatilidad también se secará más rápidamente en la superficie de la pieza de ensayo. Si los líquidos contienen disolventes muy volátiles, pueden desequilibrar la fórmula original, reducir su extensión en la superficie, causando con ello el secado del penetrante. De estos dos ejemplos, se puede deducir que la sensibilidad puede resultar afectada.

Fuerza de cohesión y adherencia

Los líquidos se componen de moléculas (las partículas separables físicamente más pequeñas que tienen las características propias del líquido que integran).

Las moléculas se atraen entre sí por fuerzas de cohesión mientras que en la superficie límite de separación entre dos sustancias diferentes (sólido líquido), o en el interior de una mezcla, las moléculas de distinta naturaleza se atraen por fuerzas de adherencia. Las fuerzas de adherencia del aire sobre el líquido son muy pequeñas y se suelen despreciar.

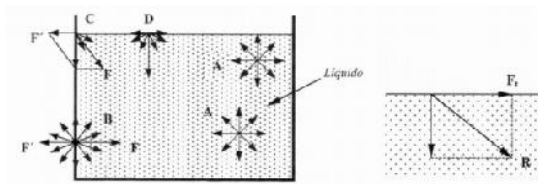


Figura 2.13: Fuerza de cohesión y adherencia

(Fuente: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS. Líquidos Penetrantes, Ing. Juan Carlos Sandoval. & Ing. Carolina Idrovo, UTA, 2009, pág. 6)

Inflamabilidad

La inflamabilidad de los aceites, valga la redundancia, está relacionada con su punto de inflamación. De acuerdo a las especificaciones, se requiere un mínimo de 51,6° C (125° F) como punto de inflamación. Los fabricantes consideran por lo general una temperatura mínima de 57° C (135° F). En las especificaciones ASTM D-93 y D-92, aparecen algunas otras consideraciones sobre el punto de inflamación.

Existen reveladores en aerosol, que contienen alcohol, sustancia que es inflamable a la temperatura ambiente. En el mercado existen reveladores no-inflamables.

Actividad química

Es importante que los penetrantes sean químicamente compatibles con el material a ser inspeccionado y con los recipientes que los contienen. Los penetrantes que contienen elementos tales como sodio, sulfuro y los alógenos (cloro, flúor) están restringidos para la inspección de aceros austeníticos, aleaciones de titanio y aceros de alto níquel.

e) Método De Partículas Magnéticas

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferro-magnéticos. El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de polos cuando se genera o se induce un campo magnético en un material ferro magnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, éste se deforma o produce polos.

Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie sujeta a inspección y que por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta.



Figura 2.14: Partículas magnéticas.

(Fuente: <http://www.grupoendycc.com/>)

Tipos de magnetización:

Existen muchas formas de magnetización y varían sus efectos dependiendo de sus parámetros de funcionamiento, por lo que pueden ser escogidos para cada aplicación.

Bobinas:

Generan un campo magnético con la dirección del eje de las espiras de la bobina.

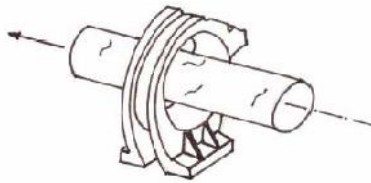


Figura 2.15: Esquema de bobina de magnetización

(Fuente: Ing. Ricardo Echevarría, Partículas magnetizables, 2002, pág. 23)

Yugo magnético:

Contiene en su interior una bobina que rodea un núcleo de hierro que concentra el magnetismo y conduce dicho efecto por medio de patas fijas o móviles a la pieza a examinar.

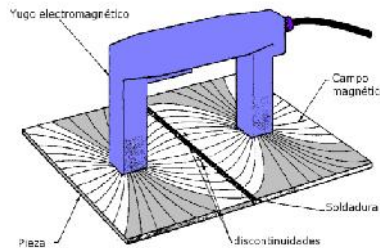


Figura2.16: Yugo de patas articuladas.

(Fuente: Ing. Ricardo Echevarría, Partículas magnetizables, 2002, pág. 23)

2.1.6 Defectología

En defectología se escucha hablar de defectos y/o discontinuidades la diferencia entre estos dos se basa en que todo defecto es siempre una discontinuidad pero no siempre una discontinuidad es un defecto.

Tipos de discontinuidades

Una discontinuidad puede producirse en cualquier momento de la vida de una pieza metálica como se detalla a continuación.

Tabla 2.3: Tipos de discontinuidades

Tipos de discontinuidades					
Inherentes		De proceso			De servicio
Lingote	Fundición	Primarios		Secundarios	Tensiones Fatiga Corrosión
		Forjados	Laminados	Maquinado Amolado Tratamientos térmicos Soldadura	
Inclusiones metálicas Inclusiones gaseosas (Porosidad, sopladuras) Contracciones Segregaciones	no Solapado en frío Salpicaduras en Desgarro caliente Segregaciones Rechupes Porosidad inclusiones	Pliegues Laminaciones Estallido fisuras	Cordones Laminaciones Costuras	Desgarramientos Fisuras	Fisuras

(Fuente: Ricardo Echevarría, Defectología, 2002, pág. 4)

Porosidad

Se da a partir de la formación de poros y se presenta por la discontinuidad que se origina a partir de gases que se generan durante el proceso de solidificación del cordón de soldadura y los mismos quedan atrapados en este, considerándose uno de los elementos principales para que se de este defecto es la presencia de hidrógeno en exceso. Se divide a su vez en cuatro tipos:

a) Porosidad uniformemente dispersa

Es porosidad uniformemente que se encuentra distribuida a lo largo de la soldadura; principalmente es causada por la aplicación de una técnica de soldadura incorrecta o por materiales defectuosos.

b) Porosidad agrupada

Se da por un agrupamiento localizado de poros, se produce por un inicio o fin inadecuado del arco de soldadura.

c) Porosidad alineada

Ocurre principalmente a lo largo de la interface tanto entre metal de soldadura / metal base, la interface entre cordones de soldadura, o cerca de la raíz de soldadura, cabe mencionar que es causada por la contaminación que provoca el gas por su evolución en esos sitios.

d) Porosidad vermicular o tipo gusanos

Se lo puede ver como un poro de gas alargado y suele extenderse desde la raíz hasta la superficie de la soldadura.

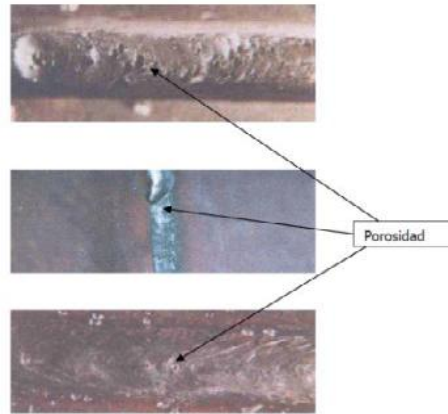


Figura 2.17: Porosidad en juntas soldadas

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Inclusiones

Las inclusiones son elementos no metálicos que se quedan depositados en el baño de soldadura, y que son frecuentes en la soldadura por arco. Se dan debido al soldeo incorrecto por el mal acceso a la unión soldada, o a la mala limpieza entre pasada y pasada de soldadura.

Falta de Penetración

Este problema se debe a una fusión incompleta entre el metal base, debido a que el metal de aporte no penetra hasta la raíz de la junta. Se localiza fácilmente porque se observa que en el reverso de la chapa soldada no sobresale el cordón.

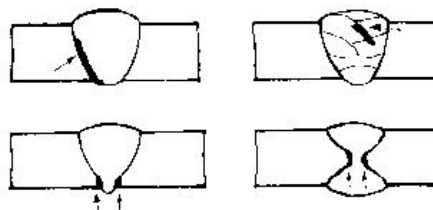


Figura 2.18: Falta de penetración en soldadura

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Exceso de penetración:

Se producen por efecto de un movimiento que causa la penetración del electrodo dentro de los biseles, los cuales son distribuidos en esas áreas. Este exceso de penetración produce una chorreadura interna de material la que puede retener escoria en su interior, La imagen radiográfica da una densidad más clara en el centro del ancho de la imagen, ya se ha extendido a lo largo de la soldadura o en gotas circulares aisladas, pudiendo presentar en su interior una marcha deforme negra.



Figura 2.19: Exceso de penetración

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Falta de Fusión

Se produce a causa del uso de una técnica inadecuada de soldadura o de la mala preparación de las juntas a soldar. También se puede producir por el uso de niveles muy bajos de energía de soldadura, la presencia de óxidos, escorias y otros materiales extraños sobre la superficie del material, condiciones que se resumen con los términos la falta de limpieza.

Concavidades

Concavidad externa o falta de relleno:

La imagen radiográfica muestra una densidad de soldadura más oscura que la densidad de las piezas base, la cual se extiende a través del ancho completo de la imagen.



Figura 2.20: Falta de relleno

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Concavidad interna:

Es el insuficiente refuerzo interno de la soldadura en su cordón de primera pasada, el cual al enfriarse disminuye su espesor pasando a ser menor que el del material base.[10]



Figura 2.21: Concavidad interna

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Socavaduras o mordeduras de bordes:

La socavadura es una ranura fundida en el metal base, adyacente a la raíz de una soldadura o a la sobremonta, que no ha sido llenada por el material. Son debidas a un arco incorrecto (por la corriente utilizada por la longitud del mismo), se produce extracciones de materiales en la superficie del elemento a soldar la cual puede ser anterior (del lado de la sobremonta) o posterior (lado de la raíz o primera pasada). Un electrodo húmedo puede provocar socavado. [10]

Salpicaduras:

Son imperfecciones consistentes, como su nombre lo indica, en esférulas de metal fundido, depositadas aleatoriamente sobre el cordón y su vecindad. Pueden ser provocadas por humedad en el revestimiento del electrodo. Generalmente, no tiene importancia respecto a la calidad de la soldadura.

Falta de continuidad del cordón:

Se originan al interrumpir el soldador el cordón y no empalmar bien la reanudación del trabajo. Su severidad es muy variable ya que, en los casos más severos, pueden considerarse auténticas faltas de fusión transversales, en tanto que en otras ocasiones, son simplemente surcos normales al eje del cordón. [10]

Discontinuidades internas

Fisuras:

Pueden ser clasificadas en:

Fisuras longitudinales:

Se pueden producir en el centro del cordón (generalmente por movimientos durante o posteriores a la soldadura) o en la interface del material básico del aporte (por causa de un enfriamiento brusco o falta de correcto precalentamiento en grandes espesores). Cuando este defecto aparece en el metal de la socavadura se le llama fisura de solidificación, mientras si se produce en la ZAC se llama fisura de licuación (inter-granular).

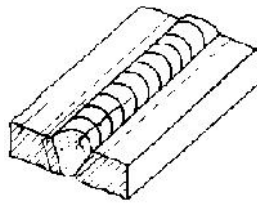


Figura 2.22: Fisura longitudinal.

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

Fisuras transversales:

Producidas principalmente en aceros duros, por combinación de elementos que al enfriarse a la temperatura normal produce una fisura que puede o no prolongarse a través del metal base.

Fisuras en caliente:

Las causas principales de este efecto en aceros al carbón no aliados o de baja aleación son:

- ❖ Medio y alto tenor de carbono del metal base.
- ❖ Alto tenor de impurezas S y P en el metal base.

- ❖ Elevadas tensiones de contracción (depende de la mayor o menor plasticidad del metal de la junta).

Fisuras en frío:

En soldadura de aceros dulces con baja aleación de manganeso y micro aleados, las fisuras son muy pequeñas (llamadas micro fisuras de hidrógeno) y frecuentemente se reagruparon en un cierto número en la misma zona fundida de la junta; en aceros de elevada resistencia como los bonificados, las fisuras generalmente más grandes, pudiendo atravesar todo el cordón en dirección transversal. [11]

Fisura de interrupción o arranque (o de cráter):

En el arranque de la soldadura por cambio de tipo de alambre suelen producirse fisuras en forma de estrellas por efecto del brusco enfriamiento el recalentamiento del material (son fisuras en caliente). Cuando se interrumpe el arco, se formará un cráter de contracción, si la cavidad del arco no se rellena con una cantidad de material difundido adecuada. Los cráteres de arco son frecuentemente los puntos defectuosos en las soldaduras en razón a que el último material que se solidifica lo hace a tensiones muy elevadas, pudiéndose producir segregación.

Generalmente, se observan radiografía, como tres líneas finas confluyentes y la del sentido del cordón soldado mucho más larga.

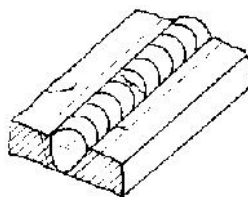


Figura 2.23: Fisura transversal.

(Fuente: www.aendur.ancap.com.uy)

2.1.7 Norma AWS D1.3

Este Código cubre los requerimientos asociados con lámina de acero con las especificaciones mínimas para obtener puntos de una resistencia no mayor a 80.000 psi (550 MPa). Los requerimientos del Código cubren algunas soldaduras de juntas hechas con láminas de acero de bajo carbono laminadas en caliente y laminadas en

frío (hot rolled : HR y cold rolled: HR) sin recubrimiento o recubiertas de zinc (galvanizadas). La sección 1 contiene los materiales, la sección 2 el diseño, la sección 3 la precalificación, la sección 4 la calificación, la sección 5 la fabricación, la sección 6 la inspección y la sección 7 la soldadura de espárrago.

2.1.7.1 Criterios de aceptación-rechazo descritos en la norma AWS D1.3

Inspección visual: Una soldadura será aceptable por la inspección visual, con tal que los cuatro de los criterios siguientes se resuelvan:

- La soldadura no tendrá ninguna grieta
- La soldadura tendrá refuerzo mínimo de 1/32 pulg. (1 mm) para todo el surco y punto del arco.
- Mordedura. La longitud acumulativa de socavamiento no será mayor a L/8, donde está la longitud L especificada de la soldadura o en el caso de los puntos de soldadura del arco, la circunferencia, con tal que la fusión exista entre el metal de la soldadura y el metal base. La profundidad de socavamiento no es un tema de la inspección y no necesita ser medida. Los quemones son inaceptables.
- La superficie del cordón debe ser plana o ligeramente convexa.
- Conformidad con el documento del contrato. La localización, el tamaño, y la longitud de la soldadura estarán en conformidad con los dibujos u otros requisitos del documento del contrato. Este código no contempla inspección de soldadura con END diferentes a inspección visual. [12]

2.1.7.2 Aplicabilidad de la norma

El cumplimiento de los requisitos de la norma es obligatorio cuando tal norma está referida o especificada en las jurisdicciones gubernamentales, o cuando está incluida en contratos u otros documentos de compra.

El cumplimiento de las prácticas recomendadas o las guías es opcional. Sin embargo, si estos son referidos en los códigos o especificaciones aplicables o en

acuerdos contractuales, su uso se hace obligatorio. Si los códigos o acuerdos contractuales contienen secciones o apéndices no obligatorios, el empleo de las guías o prácticas recomendadas, quedan a la discreción del usuario.

2.1.7.3 Especificación

La especificación es una norma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para determinar si los requisitos especificados para el producto han sido cumplidos o no.

2.2 Hipótesis

Ho= El estudio del proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 aplicado en el acero galvanizado ASTM A-924M reducirá el grado de defectología en las juntas soldadas en el proceso de fabricación de carrocerías en la empresa CARROCERÍAS FIALLOS.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

En la presente investigación se han identificado las siguientes variables:

2.3.1 Variable Independiente

Estudio del proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 en el proceso de fabricación de carrocerías utilizando perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924M.

2.3.2 Variable Dependiente

Determinar la defectología en las juntas soldadas en la empresa CARROCERÍAS FIALLOS.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

3.1.1 Explorativa

Se investigará todos y cada uno de los detalles de la investigación que afectan de manera directa a la variable dependiente. Para esto se analizará cada uno de los parámetros de soldeo, generando hipótesis y reconociendo las variables de interés investigativo.

3.1.2 Bibliográfica

La información para la realización del estudio proviene de fuentes como libros, tesis, documentales e internet. Por lo tanto esta investigación bibliográfica se la realizó en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico.

3.1.2 Descriptiva

Describe los pasos realizados para tener así un respaldo documentado y determinar el efecto que se produce en la defectología de las juntas soldadas en el proceso de fabricación de carrocerías, además, se comparará entre varios factores, situaciones o formas. Se debe clasificar los modelos de comportamiento en base a criterios que nos permita verificar la hipótesis.

3.1.3 Explicativa

Se encarga de detallar los resultados obtenidos en el análisis buscar el porque de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

3.1.4 Asociación de variables

La relación de variables tanto independiente como dependiente en el tema de estudio fue de gran importancia, para poder indicar el grado de dependencia de los distintos parámetros en la investigación.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

Para la investigación se tomó en cuenta las juntas soldadas de acero galvanizado ASTM A-924M presentes en la fabricación de carrocería soldadas con alambre ER70S-3 y ER70S-6.

3.2.2 Muestra

Para la muestra se va a tomar en cuenta los 6 diferentes casos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Tabla de la muestra

Nº	CASO	DOBLADO GUIADO	ENSAYO A TRACCIÓN	TP	PM	METALOGRAFÍA
1	Soldadura a filete con perfil de 2mm y alambre ER70S-3 (Norma AWS D1.3 fig.2.2)	7	7	-	-	-
2	Soldadura a filete con perfil de 2mm y alambre ER70S-6 (Norma AWS D1.3 fig.2.2)	7	7	-	-	-
3	Soldadura de ranura de bisel de un solo cordón con perfil de 2mm y alambre ER70S-3 (Norma AWS D1.3 fig.2.3A)	7	7	-	-	-
4	Soldadura de ranura de bisel de un solo cordón con perfil de 2mm y alambre ER70S-6 (Norma AWS D1.3 fig.2.3A)	7	7	-	-	-
5	Soldadura de ranura de cortante simple en un solo lado con perfil de 2mm y alambre ER70S-3 (Norma AWS D1.3 fig.2.3B)	7	7	3	3	3
6	Soldadura de ranura de cortante simple en un solo lado con perfil de 2mm y alambre ER70S-6 (Norma AWS D1.3 fig.2.3B)	7	7	3	3	3

(Fuente: Autor)

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable independiente

Estudio del proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 en el proceso de fabricación de carrocerías utilizando perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924M.

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que han de soldar.	Material base	Tipo de perfil	Perfil en L (angular) Perfil normal (plancha)	Observación. Manuales, catálogos, bibliografía, norma AWS D1.3
	Material de aporte	Tipo de material de aporte	Alambre ER70S-3 Alambre ER70S-6	
	Condición de soldar	Tipo de junta	Soldadura de ranura de bisel de un solo cordón. (Norma AWS D1.3 fig.2.2) Soldadura de ranura de bisel de un solo cordón. (Norma AWS D1.3 fig.2.3A) Soldadura de ranura de cortante simple en un solo lado. (Norma AWS D1.3 fig.2.3B)	

(Fuente: Autor)

3.3.2 Variable dependiente

Determinar la defectología en las juntas soldadas en la empresa CARROCERÍAS FIALLOS.

Tabla 3.3: Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>En Ensayos No Destructivos escucharemos hablar de "defectos" y/o discontinuidades. Cualquier indicación encontrada es llamada "discontinuidad" hasta que se pueda identificar y evaluar el efecto que puede tener sobre la pieza en servicio. Si, de acuerdo a esto, la "discontinuidad" es inaceptable con arreglo a un criterio de especificaciones, será un "defecto", ahora, si esa discontinuidad no afecta el rendimiento de la pieza en el servicio al que se destina, se deberá llamar simplemente "discontinuidad".</p>	Ensayo de doblado guiado.	Tipos de discontinuidades.	Grietas, fisuras, etc	<p>Observación. Manuales, catálogos, bibliografía, norma AWS D1.3, fichas técnicas.</p>
	Ensayo de tracción.	Esfuerzo de tracción Sut Módulo de elasticidad E	¿Cuál será el Sut y E?	
	Ensayo metalográfico.	Componentes microestructurales	¿Cuál será % de ferrita y perlita?	
	PT y MT.	Tipos de discontinuidades	¿Qué tipo de discontinuidades existen en las juntas soldadas?	

(Fuente: Autor)

3.4 Plan de recolección de información

Las técnicas utilizadas para la recolección de la información son:

- La observación directa, puesto que se estará en contacto con el objeto de estudio mediante la aplicación de ensayos debidamente preparados y equipados para realizar la investigación.
- La investigación en diversas fuentes bibliográficas mediante la documentación de los parámetros que se está investigando.

3.5 Plan procesamiento y análisis.

3.5.1 Plan de procesamiento

El proceso para la obtención de la información se basa en forma experimental por medio de los diferentes ensayos destructivos y no destructivos con lo cual se determinara cuál de los 2 tipos de alambres en el proceso de soldadura es el más confiable para realizar la fabricación de carrocerías.

Y por último se utilizó varias fuentes para verificar la veracidad de la recolección de datos ya que estos tienen una gran incidencia en el desarrollo de la investigación.

3.5.2 Plan de análisis

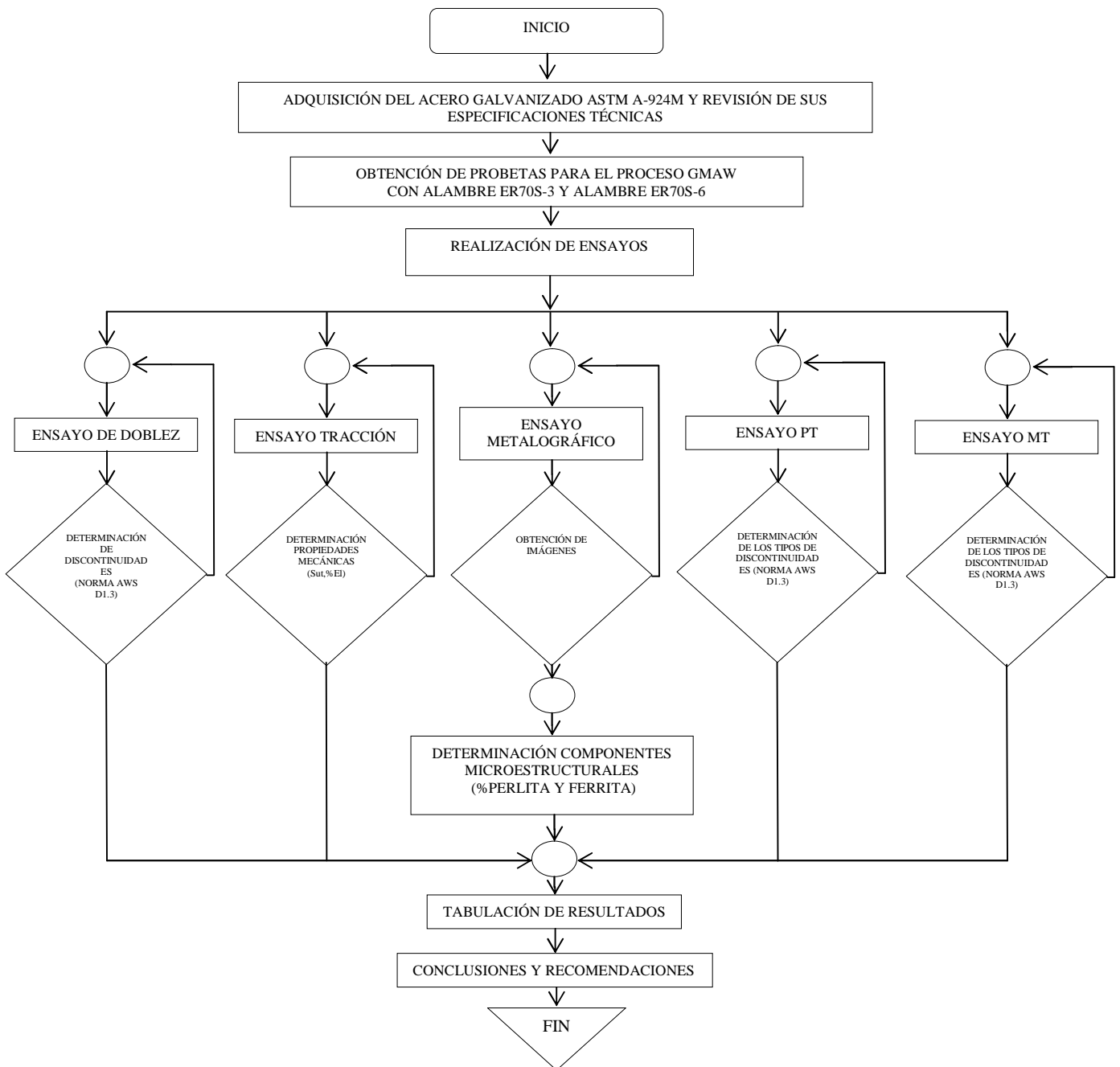
Para la interpretación de resultados necesitamos contar con el apoyo del marco teórico, además debemos analizar el porcentaje de defectos que aparecen en las juntas soldadas de la carrocería con los 2 tipos de alambres, lo cual nos permite resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo a los objetivos e hipótesis permitiéndonos comprobar la validez de dicha hipótesis para de esta manera otorgar nuestras conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS EN INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Recolección de datos

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso de obtención de resultados de los diferentes ensayos realizados al acero galvanizado ASTM A-924M utilizando el proceso de soldadura GMAW con los 2 tipos de alambres.



4.1.1 Adquisición del acero galvanizado ASTM A-924M y revisión de sus especificaciones técnicas

Al haber planteado el tema de investigación se procede a la revisión de las especificaciones técnicas del material el cual comúnmente conserva las características del hierro en estado puro pero la adición de carbono mejora sus propiedades físico-químicas, una vez revisado lo antes detallado se procede a realizar la compra de una plancha del acero galvanizado en los talleres de Ambatol.

4.1.2 Obtención de probetas para el proceso GMAW con alambre ER 70S-3 y alambre ER 70S-6

Para realizar las probetas utilizaremos dos tipos de alambre el ER 70S-3 que es un alambre económico y el más utilizado en el sector carroceros y el alambre ER 70S-6 que tiene un mejor rendimiento y es más costoso, se procede a verificar los tipos de probetas en la norma AWS D1.3 las cuales se tomó un número de 67 probetas con todas las dimensiones especificadas en la norma.

4.1.3 Realización de ensayos

Los tipos de ensayos que se realizarán se detallan a continuación:

- Ensayo de dobles (verificación de fisuras)
- Ensayo de tracción (verificación del módulo de elasticidad)
- Ensayo metalográfico (porcentaje de perlita y ferrita)
- Ensayo PT (verificación de la defectología)
- Ensayo MT (verificación de la defectología)

4.1.3.1 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.2 AWS D1.3) (preliminar)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.2	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-02-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-03-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-04-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-05-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x

ED-S3-06-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-07-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.1: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.2
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.2		x
2	ED-S3-02-2.2		x
3	ED-S3-03-2.2	x	
4	ED-S3-04-2.2		x
5	ED-S3-05-2.2		x
6	ED-S3-06-2.2		x
7	ED-S3-07-2.2	x	
TOTAL		2	5

(Fuente: Autor)

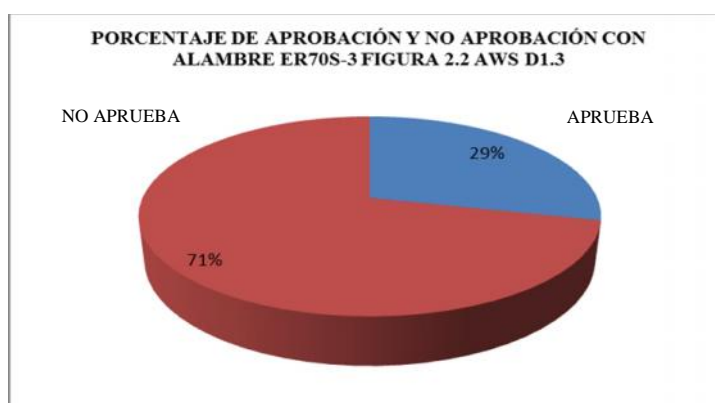













Figura 4.1: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.2
AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

**4.1.3.2 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)
(preliminar)**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO					
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.2	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.2			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-02-2.2			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-03-2.2			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-04-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-05-2.2			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x



ED-S6-06-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-07-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.2: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.2
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.2		x
2	ED-S6-02-2.2		x
3	ED-S6-03-2.2		x
4	ED-S6-04-2.2	x	
5	ED-S6-05-2.2		x
6	ED-S6-06-2.2	x	
7	ED-S6-07-2.2	x	
TOTAL		3	4

(Fuente: Autor)

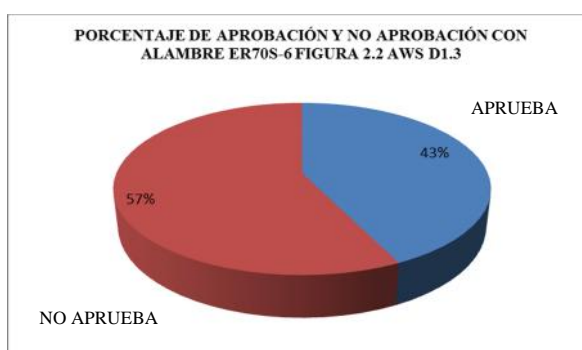












Figura 4.2: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.2
AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.3 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3) (preliminar)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.3A	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-02-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-03-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-04-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x







ED-S3-05-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-06-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-07-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.3: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3A
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.3A		x
2	ED-S3-02-2.3A		x
3	ED-S3-03-2.3A		x
4	ED-S3-04-2.3A		x
5	ED-S3-05-2.3A		x
6	ED-S3-06-2.3A		x
7	ED-S3-07-2.3A		x
TOTAL		0	7

(Fuente: Autor)

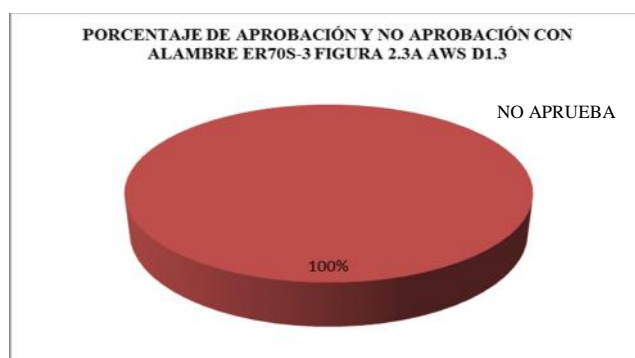








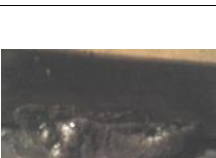



Figura 4.3: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

**4.1.3.4 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3)
(preliminar)**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO					
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.3A	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-02-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-03-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-04-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	







ED-S6-05-2.3A			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-06-2.3A			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-07-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.4: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3A
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.3A	x	
2	ED-S6-02-2.3A		x
3	ED-S6-03-2.3A		x
4	ED-S6-04-2.3A	x	
5	ED-S6-05-2.3A		x
6	ED-S6-06-2.3A		x
7	ED-S6-07-2.3A		x
TOTAL		2	5

(Fuente: Autor)

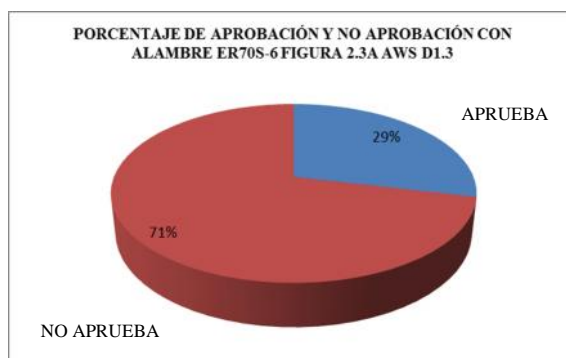



Figura 4.4: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

**4.1.3.4 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3)
(preliminar)**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte:	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 14	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.3B	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-02-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-03-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-04-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-05-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	

ED-S3-06-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-07-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.5: Resultados del ensayo de dobléz guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3B
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.3B		x
2	ED-S3-02-2.3B		x
3	ED-S3-03-2.3B		x
4	ED-S3-04-2.3B		x
5	ED-S3-05-2.3B	x	
6	ED-S3-06-2.3B	x	
7	ED-S3-07-2.3B		x
TOTAL		2	5

(Fuente: Autor)

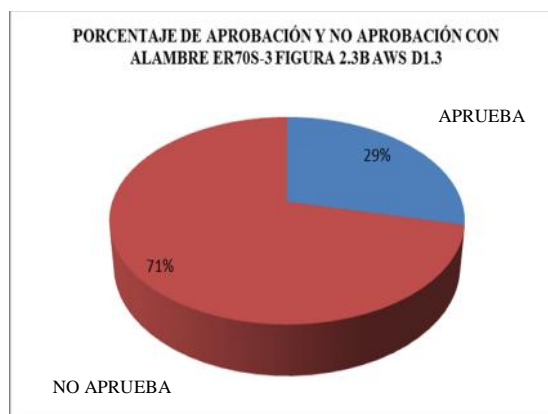












Figura 4.5: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de dobléz guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.6 Ensayo de doblado guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3) (preliminar)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	20/01/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 14	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.3B	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-02-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-03-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-04-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x







ED-S6-05-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-06-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-07-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.6: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3B
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.3B		x
2	ED-S6-02-2.3B		x
3	ED-S6-03-2.3B	x	
4	ED-S6-04-2.3B		x
5	ED-S6-05-2.3B	x	
6	ED-S6-06-2.3B		x
7	ED-S6-07-2.3B		x
TOTAL		2	5

(Fuente: Autor)

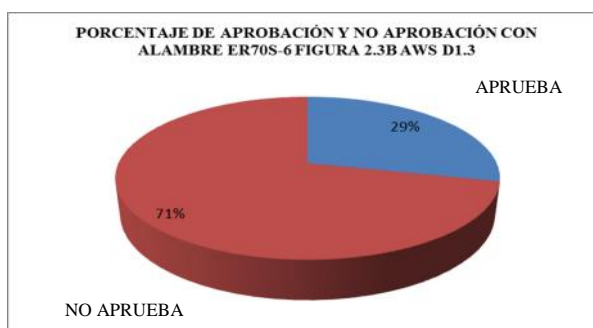


Figura 4.6: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg.
2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.7: Resultado final del ensayo de doblez guiado (preliminar)

PROBETAS	ER70S-3		ER70S-6	
	APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	29%	71%	43%	57%
Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	0%	100%	29%	71%
Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 13	29%	71%	29%	71%
PROMEDIO	19,33%	80,67%	33,67%	66,33%

(Fuente: Autor)

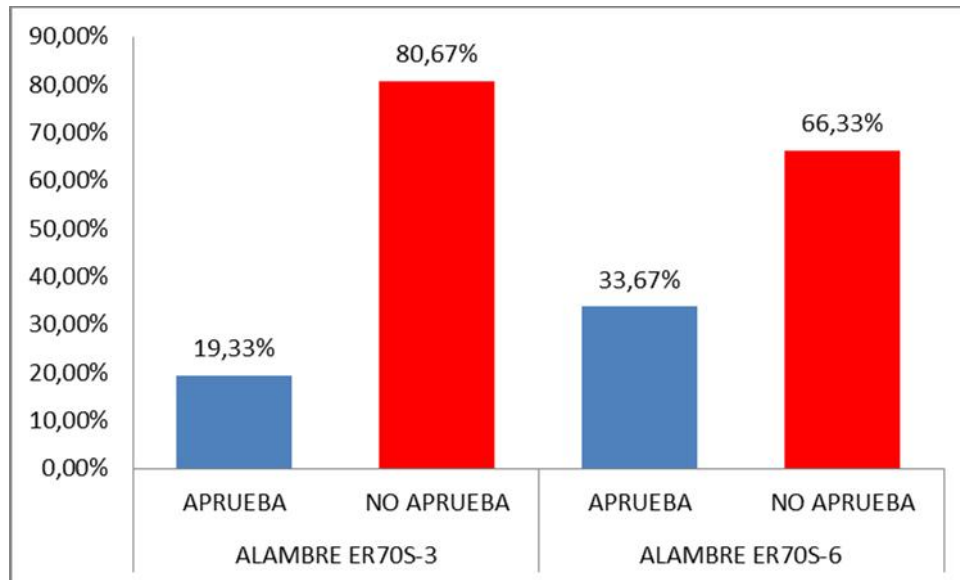






Figura 4.7: Resultado final del ensayo de doblez guiado (preliminar)

(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo de doblez guiado se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje de probetas que aprueban es 19.33% y las que no aprueban es 80.67%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje de probetas que aprueban es 33.67% y las que no aprueban es 66.33%, por lo cual se va a verificar los parámetros que intervienen en el proceso de soldadura GMAW.

4.1.3.7 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 POR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: EN "T" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-3-2.2		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: () METAL BASE Especificación: ASTM A-924M Tipo o Grado: ----- Espesor: 2 mm METAL DE APORTE Especificación AWS: AWS A 5.18 Clasificación AWS: ER70S-3-2.2					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-3	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.8 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.2 AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.2	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene no grietas.	x	
ED-S3-02-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-03-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-04-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-05-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	

ED-S3-06-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-07-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.8: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.2
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.2	x	
2	ED-S3-02-2.2	x	
3	ED-S3-03-2.2		x
4	ED-S3-04-2.2		x
5	ED-S3-05-2.2	x	
6	ED-S3-06-2.2		x
7	ED-S3-07-2.2	x	
TOTAL		4	3

(Fuente: Autor)

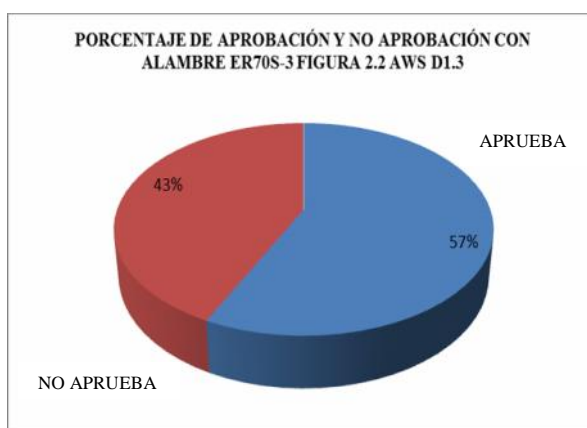






Figura 4.8: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.2
AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.9 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 PQR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: EN "T" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-6-2.2		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: ()					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-6	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.10 Ensayo de doblado guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.2 AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.2	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-02-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-03-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-04-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-05-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	


ED-S6-06-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-07-2.2			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.9: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.2
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.2	x	
2	ED-S6-02-2.2	x	
3	ED-S6-03-2.2	x	
4	ED-S6-04-2.2		x
5	ED-S6-05-2.2	x	
6	ED-S6-06-2.2		x
7	ED-S6-07-2.2	x	
TOTAL		5	2

(Fuente: Autor)

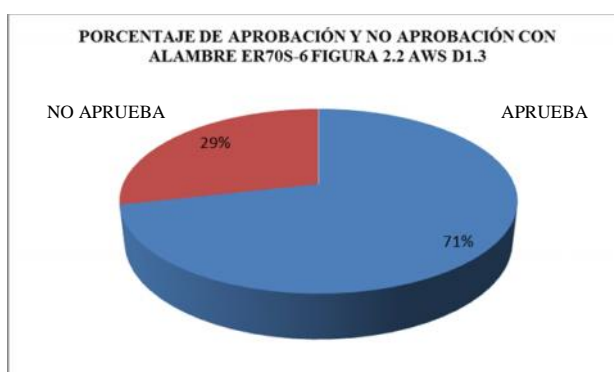


















Figura 4.9: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.2
AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.11 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 POR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: EN "T CON BRIDA" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-3;2.3A		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: ()					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-3	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.12 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3A AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.3A	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-02-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-03-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-04-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-05-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x

ED-S3-06-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-07-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.10: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3A
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.3A	x	
2	ED-S3-02-2.3A	x	
3	ED-S3-03-2.3A		x
4	ED-S3-04-2.3A	x	
5	ED-S3-05-2.3A		x
6	ED-S3-06-2.3A		x
7	ED-S3-07-2.3A		x
TOTAL		3	4

(Fuente: Autor)

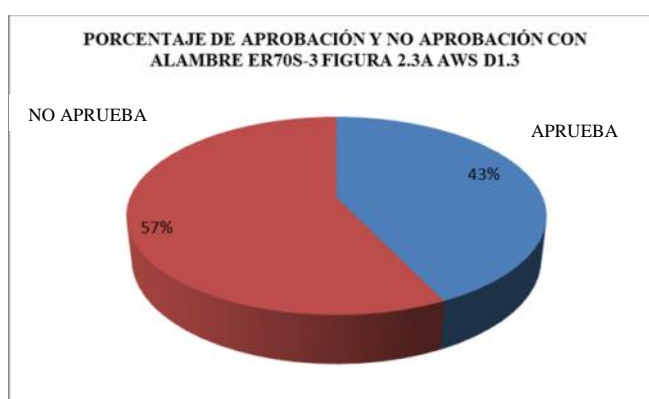


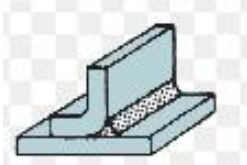



Figura 4.10: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.13 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 PQR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: EN "T CON BRIDA" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-6;2.3A		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: () METAL BASE Especificación: ASTM A-924M Tipo o Grado: ----- Espesor: 2 mm METAL DE APORTE Especificación AWS: AWS A 5.18 Clasificación AWS: ER70S-6;2.3A					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-6	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.14 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3A AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO					
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.3A	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-02-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-03-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-04-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-05-2.3A			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón tiene grietas.		x


ED-S6-06-2.3A			Antes: Soldadura con mordedura. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-07-2.3A			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		

Tabla 4.11: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3A
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.3A	x	
2	ED-S6-02-2.3A	x	
3	ED-S6-03-2.3A	x	
4	ED-S6-04-2.3A	x	
5	ED-S6-05-2.3A		x
6	ED-S6-06-2.3A	x	
7	ED-S6-07-2.3A	x	
TOTAL		6	1

(Fuente: Autor)

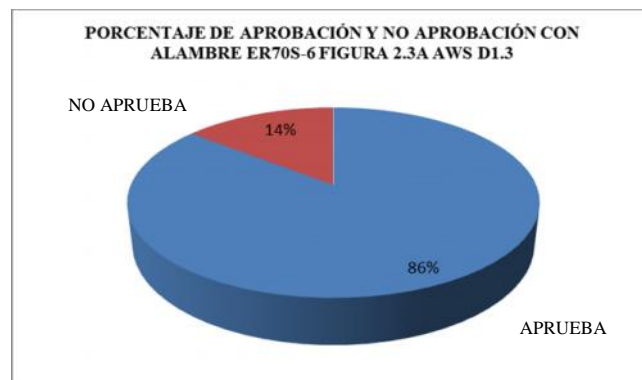








Figura 4.11: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3A AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.15 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 PQR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: "A TOPE CON BRIDA" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-3-2.3B		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: ()					
		METAL BASE Especificación: ASTM A-924M Tipo o Grado: ----- Espesor: 2 mm					
		METAL DE APORTE Especificación AWS: AWS A 5.18 Clasificación AWS: ER70S-3-2.3B					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-3	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.16 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 (fig. 2.3B AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
		INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte:	ALAMBRE ER70S-3		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 14	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S3-01,02,03,04,05,06,07-2.3B	Código:	<u>ED-CF-01</u>		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S3-01-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-02-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-03-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S3-04-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-05-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x




ED-S3-06-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S3-07-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.12: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-3 fg. 2.3B
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S3-01-2.3B	x	
2	ED-S3-02-2.3B		x
3	ED-S3-03-2.3B	x	
4	ED-S3-04-2.3B		x
5	ED-S3-05-2.3B		x
6	ED-S3-06-2.3B		x
7	ED-S3-07-2.3B		x
TOTAL		2	5

(Fuente: Autor)

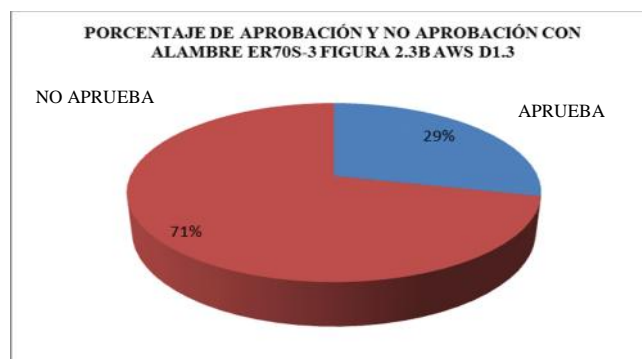







Figura 4.12: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

4.1.3.17 Especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3)

 WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 							
Nombre De La Empresa: TESIS-UTA FICM Proceso De Soldadura: GMAW Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO (X) Fecha: 04/02/2016		Identificación: 1 PQR De Apoyo: N/A Autorizado Por: Ing. Juan Paredes. Mg					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: "A TOPE CON BRIDA" Tipo De Soldadura: SIN BISEL Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: NO Método: N/A Limpieza De Raíz: NO Material De Aporte: ER70S-6-2.3B		POSICIÓN Posición De Ranura: 1G Progresión: ASCENDENTE (X) DESCENDENTE: ()					
		METAL BASE Especificación: ASTM A-924M Tipo o Grado: ----- Espesor: 2 mm					
		METAL DE APORTE Especificación AWS: AWS A 5.18 Clasificación AWS: ER70S-6-2.3B					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA (GMAW) CORTO CICUITO (X) PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()		TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: (X) Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO (X) Martillado: NO ESTA PERMITIDO					
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC (X)		PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----					
PROTECCIÓN Fundente: ----- GAS: CO2 Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: 14 a 16 lt/min Tamaño De La Boquilla: -----		POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
1	GMAW	ER70S-3	0.8	CC	130	18	200
DETALLE DE LA JUNTA							
							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

4.1.3.18 Ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 (fig. 2.3B AWS D1.3)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	05/02/2016		
Solicitante:	U.T.A	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base:	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte	ALAMBRE ER70S-6		
Tipo de junta/Norma aplicada:	Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 14	Posición de soldadura:	1G		
Ensayo N°:	ED-S6-01,02,03,04,05,06,07-2.3B	Código:	ED-CF-01		
Laboratorio: Laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
ED-S6-01-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-02-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-03-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x
ED-S6-04-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón no tiene grietas.	x	
ED-S6-05-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		x





ED-S6-06-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.		X
ED-S6-07-2.3B			Antes: Soldadura uniforme. Después: El cordón tiene grietas.	x	
Realizado por:	Jairo Corrales		Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Tabla 4.13: Resultados del ensayo de doblez guiado con alambre ER70S-6 fg. 2.3B
AWS D1.3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ED-S6-01-2.3B	x	
2	ED-S6-02-2.3B		x
3	ED-S6-03-2.3B		x
4	ED-S6-04-2.3B	x	
5	ED-S6-05-2.3B		x
6	ED-S6-06-2.3B		x
7	ED-S6-07-2.3B	x	
TOTAL		3	4

(Fuente: Autor)

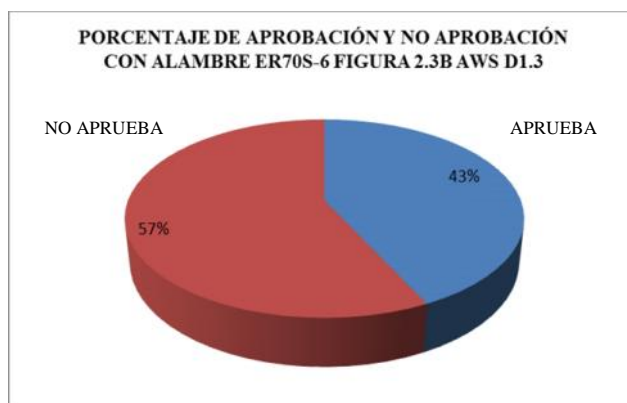


Figura 4.13: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 fg. 2.3B AWS D1.3 (ensayo de doblez guiado)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.14: Resultado final del ensayo de doblez guiado (Luego de haber realizado el WPS preliminar)

PROBETAS	ER70S-3		ER70S-6	
	APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
Filete / AWS D1.3 fig. 2.2 pag. 13	57%	43%	71%	29%
Ranura de bisel de un solo cordón / AWS D1.3 fig. 2.3A pag. 13	43%	57%	86%	14%
Ranura de corte simple en un solo lado / AWS D1.3 fig. 2.3B pag. 13	29%	71%	43%	57%
PROMEDIO	43%	57%	66,67%	33,33%

(Fuente: Autor)

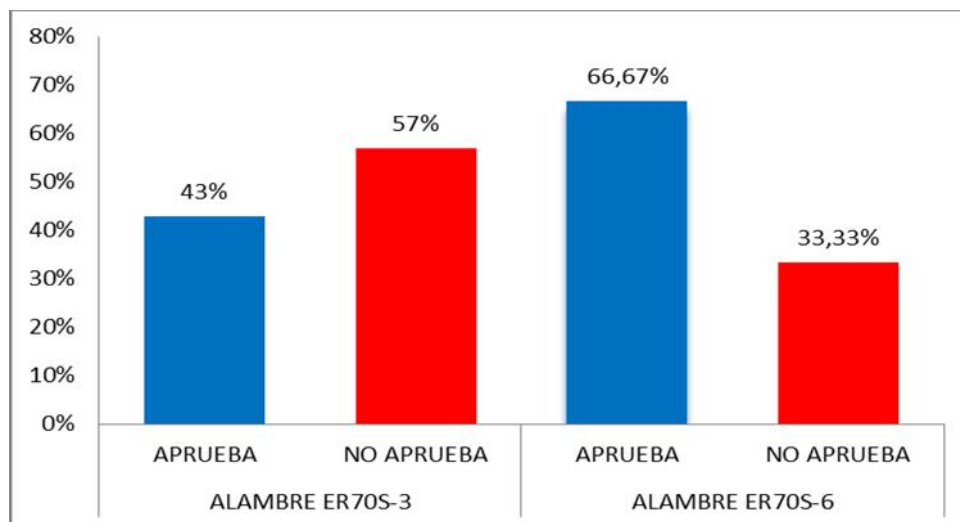




Figura 4.14: Resultado final del ensayo de doblez guiado (Luego de haber realizado el WPS preliminar)

(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo de doblez guiado se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje de probetas que aprueban es 43% y las que no aprueban es 57%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje de probetas que aprueban es 66.67% y las que no aprueban es 33.33%, por lo cual los parámetros que se han puesto en consideración son los adecuados en el proceso de soldadura GMAW.

4.1.3.19 Ensayo de tracción con alambre ER70S-3

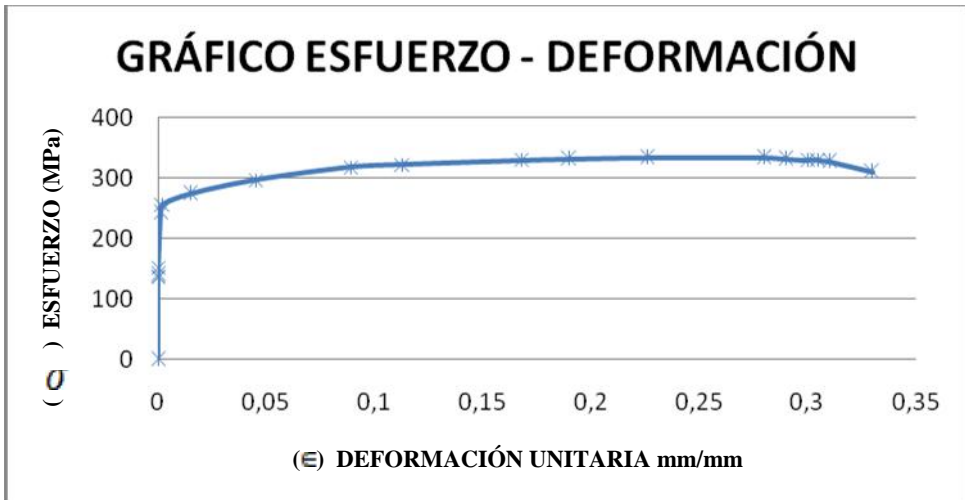
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN			
DATOS INFORMATIVOS			Código: ET-CF-01
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	N/A
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	N/A
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinus Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	Material base: 01	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<div data-bbox="368 819 1337 1442" data-label="Figure"> <p style="text-align: center;">GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p> </div>			
$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{102.82 - 80}{80} * 100 = 28.525 \%$ $S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\,372\,N}{40\,mm^2} = 334.3\,MPa$ $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{249.053497\,MPa}{0.0015} = 166\,035.6647\,MPa$			
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinus Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-01-S3	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{102.459999 - 80}{80} * 100 = 28.07 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{\text{máx}}}{A} = \frac{13\,395\text{ N}}{40\text{ mm}^2} = 334.875\text{ MPa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{275.797485\text{ MPa}}{0.00125} = 193\,893.9816\text{ MPa}$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 334.875 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

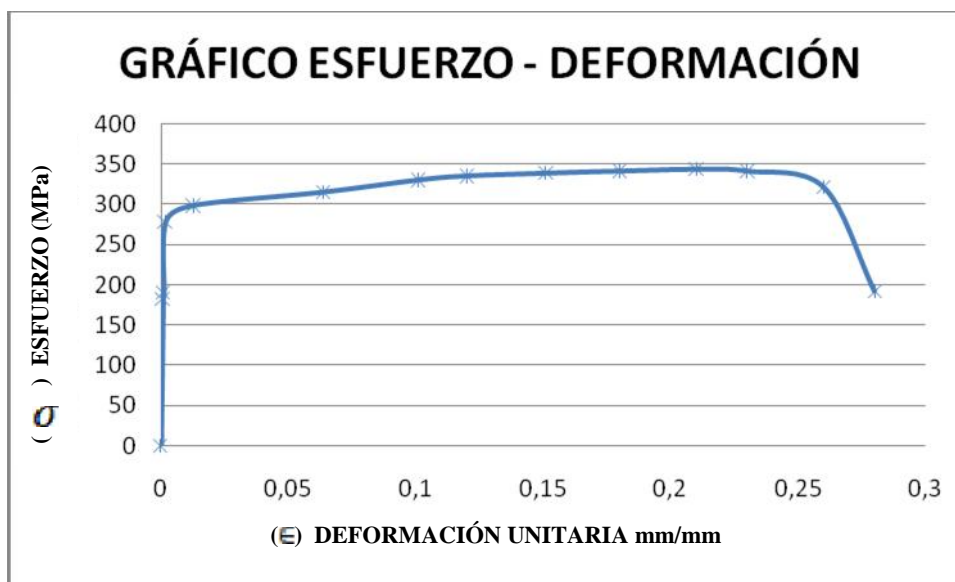
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN																																	
DATOS INFORMATIVOS			Código: ET-CF-01																														
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016																														
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg																														
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW																														
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3																														
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinsu Holsen capacidad 30 tn																														
Ensayo N°:	ET-02-S3	Norma:	INEN -0109																														
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																																	
<div data-bbox="368 804 1339 1350" data-label="Figure"> <h3 style="text-align: center;">GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN</h3> <table border="1"> <caption>Data points from the Stress-Strain Graph</caption> <thead> <tr> <th>Deformación Unitaria (mm/mm)</th> <th>Esfuerzo (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.001</td><td>250</td></tr> <tr><td>0.002</td><td>280</td></tr> <tr><td>0.005</td><td>295</td></tr> <tr><td>0.010</td><td>300</td></tr> <tr><td>0.015</td><td>305</td></tr> <tr><td>0.020</td><td>310</td></tr> <tr><td>0.025</td><td>312.57</td></tr> <tr><td>0.030</td><td>310</td></tr> <tr><td>0.035</td><td>305</td></tr> <tr><td>0.040</td><td>290</td></tr> <tr><td>0.045</td><td>260</td></tr> <tr><td>0.050</td><td>220</td></tr> <tr><td>0.055</td><td>180</td></tr> </tbody> </table> </div>				Deformación Unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (MPa)	0	0	0.001	250	0.002	280	0.005	295	0.010	300	0.015	305	0.020	310	0.025	312.57	0.030	310	0.035	305	0.040	290	0.045	260	0.050	220	0.055	180
Deformación Unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (MPa)																																
0	0																																
0.001	250																																
0.002	280																																
0.005	295																																
0.010	300																																
0.015	305																																
0.020	310																																
0.025	312.57																																
0.030	310																																
0.035	305																																
0.040	290																																
0.045	260																																
0.050	220																																
0.055	180																																
$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{92.30 - 80}{80} * 100 = 2.875 \%$ $S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{12\ 502.82\ N}{40\ mm^2} = 312.57\ MPa$ $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{260.753967\ MPa}{0.002} = 130\ 376.9835\ MPa$																																	
OBSERVACIONES:	Falla del material de aporte	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	$S_{ut\ MA}$ $S_{ut\ MB}$ 312.57 MPa 334.3 MPa NO APRUEBA																														
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg																														
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg																														



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-03-S3	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{97.199999 - 80}{80} * 100 = 21.49 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\,773.16\,N}{40\,mm^2} = 344.329\,MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{182.193497\,MPa}{0.00125} = 146\,234.7976\,MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 344.329 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg



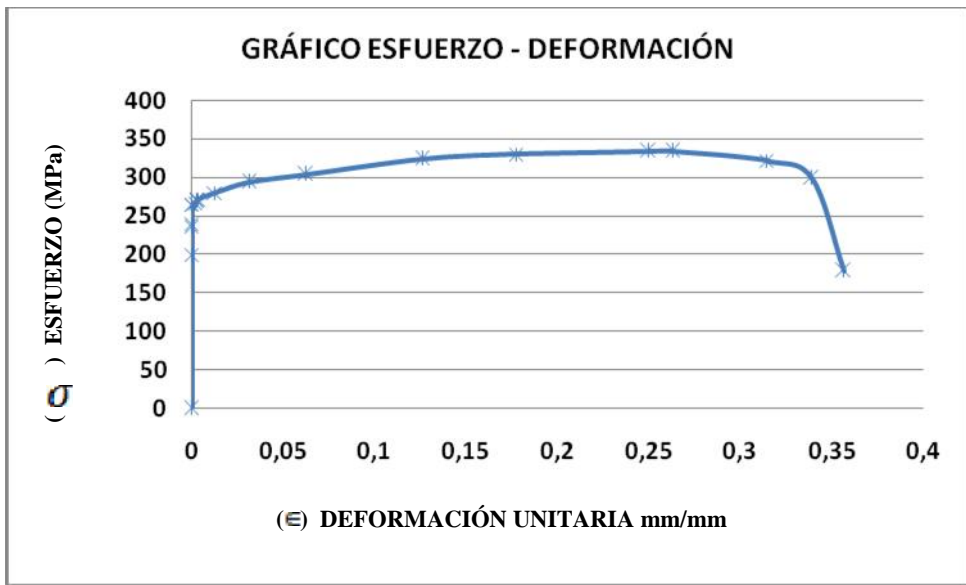
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS **Código: ET-CF-01**

Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-04-S3	Norma:	INEN -0109

Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



$$\% \text{Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{100.299998 - 80}{80} * 100 = 25.37 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\,372\,N}{40\,mm^2} = 334.3\,MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{267.440002\,MPa}{0.002} = 133\,720.001\,MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	$S_{ut\,MA}$ $S_{ut\,MB}$ 334.3 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

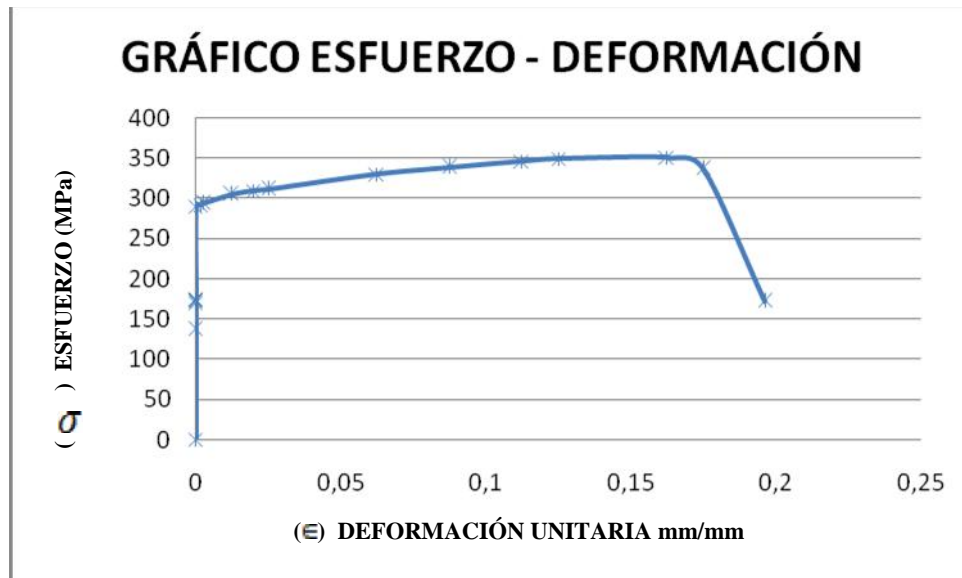


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-05-S3	Norma:	INEN -0109

Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{93.219999 - 80}{80} \times 100 = 16.52 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{máx}}{A} = \frac{12\,505.719\text{ N}}{40\text{ mm}^2} = 312.642975\text{ MPa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{292.512512\text{ MPa}}{0.00175} = 167\,150.0069\text{ MPa}$$

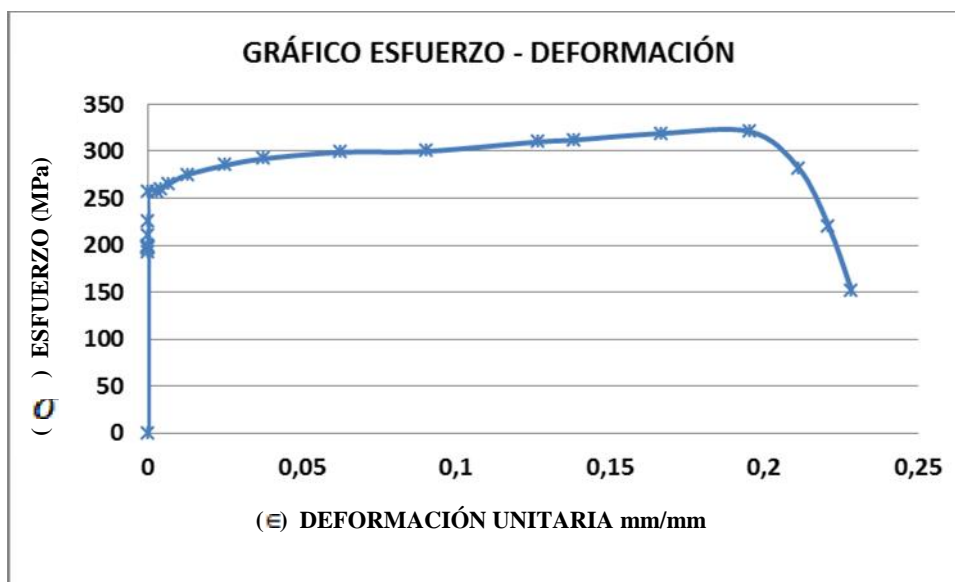
OBSERVACIONES:	Falla del material de aporte	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 312.64 MPa 334.3 MPa NO APRUEBA
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-06-S3	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{94.640099 - 80}{80} * 100 = 18.30 \%$$

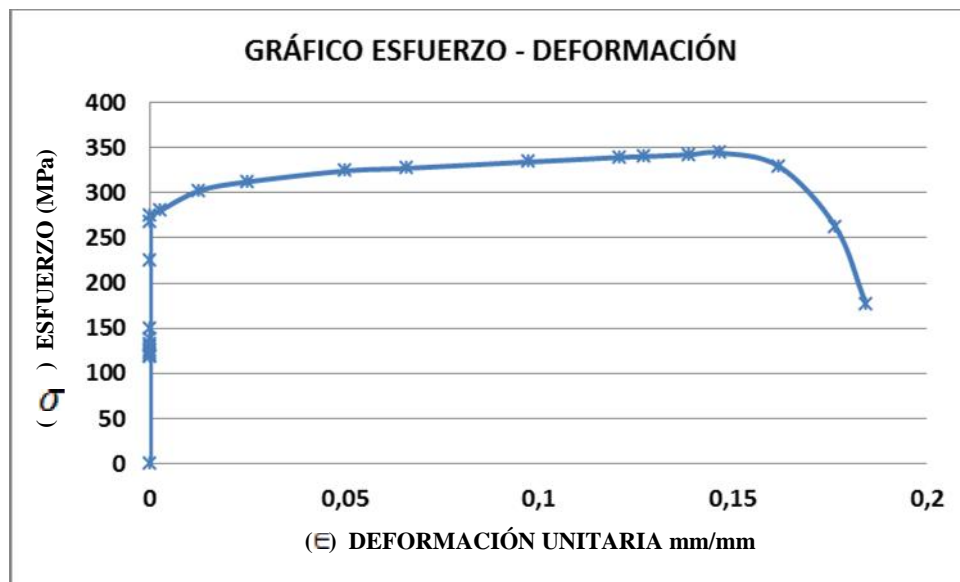
$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{12\ 837.12\ N}{40\ mm^2} = 320.928\ MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{257.411011\ MPa}{0.003} = 85\ 803.67033\ MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 320.928 MPa 334.3 MPa <u>NO APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN	

DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinus Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-07-S3	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{91,74 - 80}{80} * 100 = 14,67 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\,773,16\,N}{40\,mm^2} = 344,329\,MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{280,812012\,MPa}{0,0025} = 112\,324,8048\,MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 344.329 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

Tabla 4.15: Resultados del ensayo de tracción con alambre ER70S-3

Probeta	Ensayo	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ET-01-S3	x	
2	ET-02-S3		x
3	ET-03-S3	x	
4	ET-04-S3	x	
5	ET-05-S3		x
6	ET-06-S3		x
7	ET-07-S3	x	
TOTAL		4	3

(Fuente: Autor)

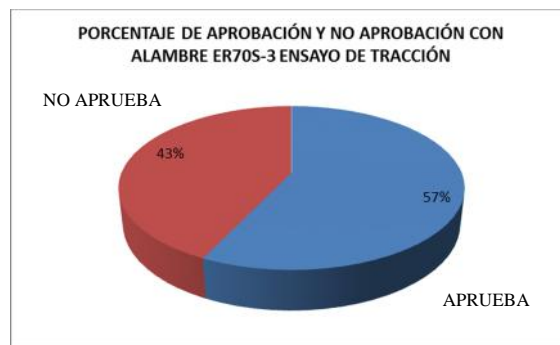


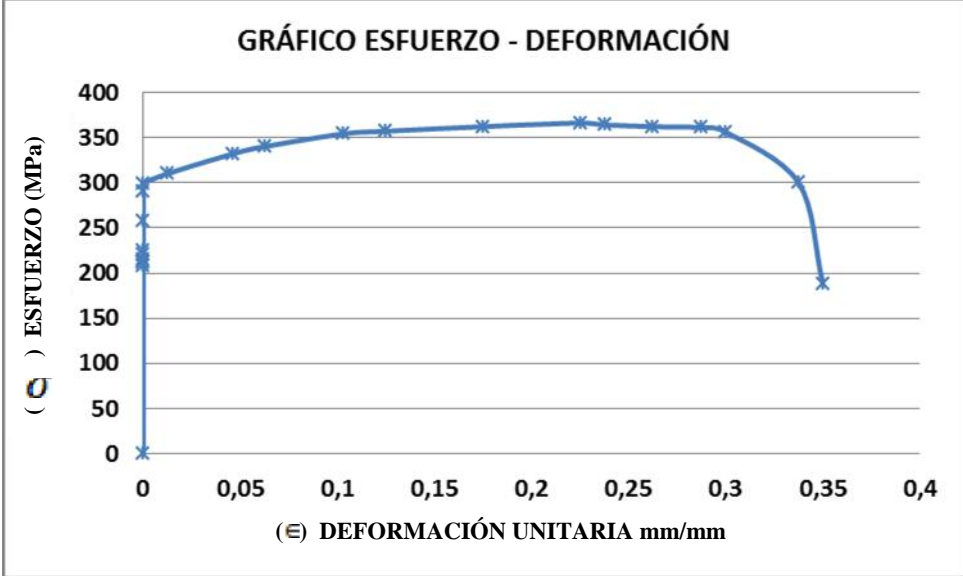


Figura 4.15: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (ensayo de tracción)

(Fuente: Autor)

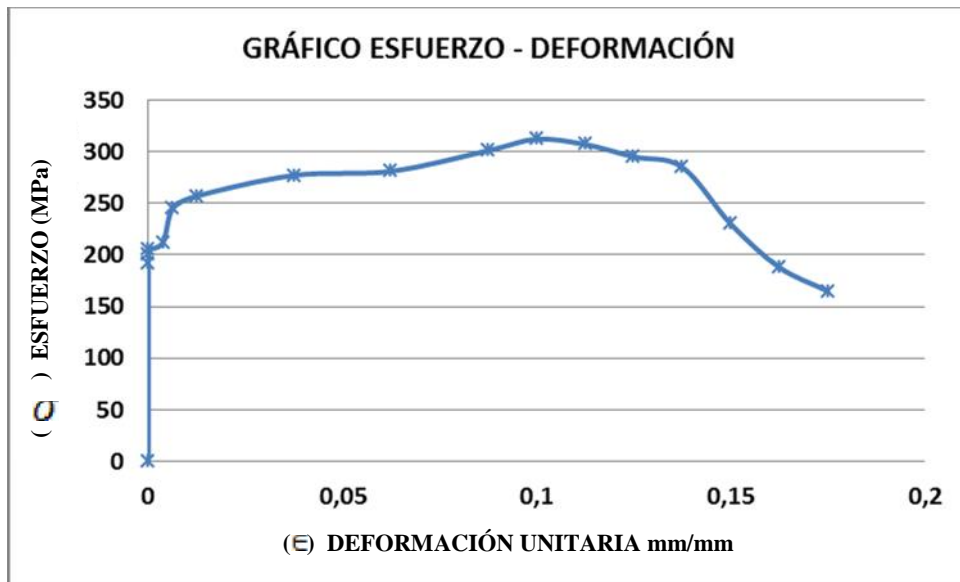
4.1.3.20 Ensayo de tracción con alambre ER70S-6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN			
DATOS INFORMATIVOS				Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6		
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn		
Ensayo N°:	ET-01-S6	Norma:	INEN -0109		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
 <p>GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p>					
$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{98.119999 - 80}{80} * 100 = 22.65 \%$ $S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{14\ 642.340\ N}{40\ mm^2} = 366.05\ MPa$ $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{299.198486\ MPa}{0.00225} = 132\ 977.1049\ MPa$					
OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut MA	Sut MB	
			366.05 MPa	334.3 MPa	APRUEBA
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN	

DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-02-S6	Norma:	INEN -0109

Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_0}{L_0} * 100 = \frac{87.576500 - 80}{80} * 100 = 9.47 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\ 876.584\ N}{40\ mm^2} = 346.914\ MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{256.197654\ MPa}{0.0018} = 142\ 332.03\ MPa$$

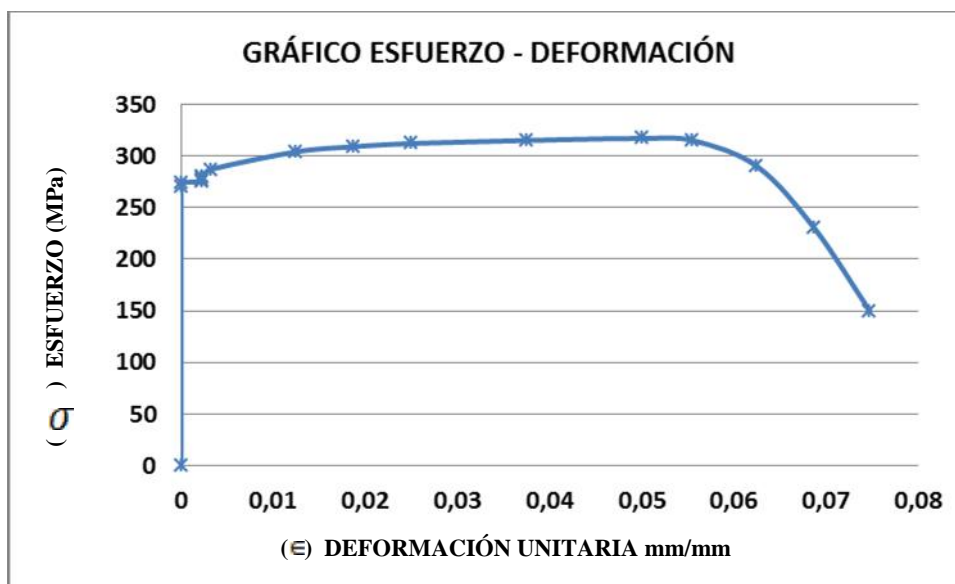
OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 346.914 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinsu Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-03-S6	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{83.875001 - 80}{80} * 100 = 4.84 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{\text{máx}}}{A} = \frac{12\,703\,400\text{ N}}{40\text{ mm}^2} = 317.585\text{ MPa}$$

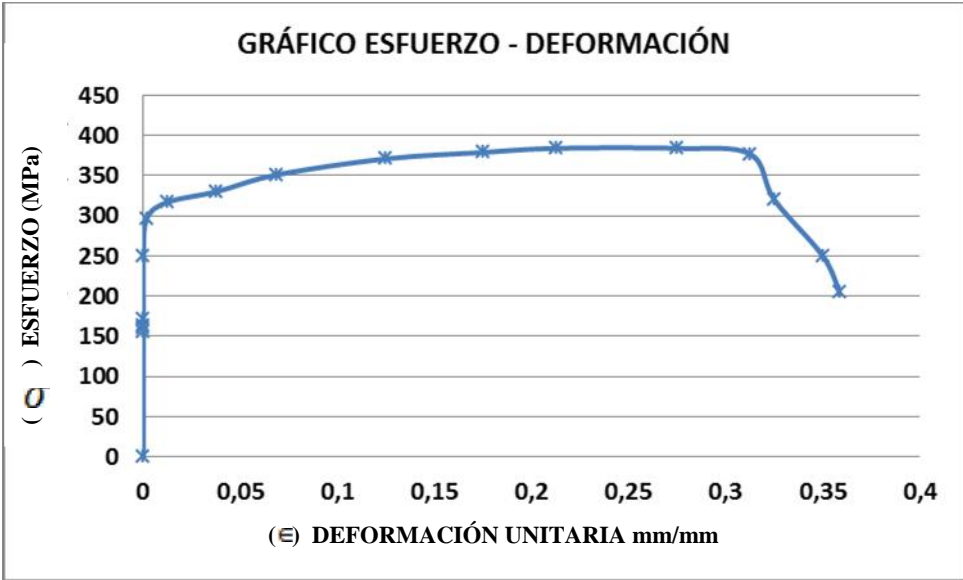
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{275.797485\text{ MPa}}{0.00225} = 122\,576.66\text{ MPa}$$

OBSERVACIONES:	Falla del material de aporte	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 317.585 MPa 334.3 MPa <u>NO APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN		
	DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01
	Responsable: Jairo Corrales		Fecha: 04/04/2016

Solicitante: U.T.A-FICM	Inspección: Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor: 2mm	Proceso de soldadura: GMAW
Material Base (MB): ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA): ALAMBRE ER70S-6
Método: Deformación controlada	Equipo: Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°: ET-04-S6	Norma: INEN -0109

Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



$$\% \text{Alargamiento} = \frac{L_f - L_0}{L_0} * 100 = \frac{101.559997 - 80}{80} * 100 = 26.95 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{15\,377.99\text{ N}}{40\text{ mm}^2} = 384.44\text{ MPa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{297.526978\text{ MPa}}{0.00175} = 170\,015.416\text{ MPa}$$

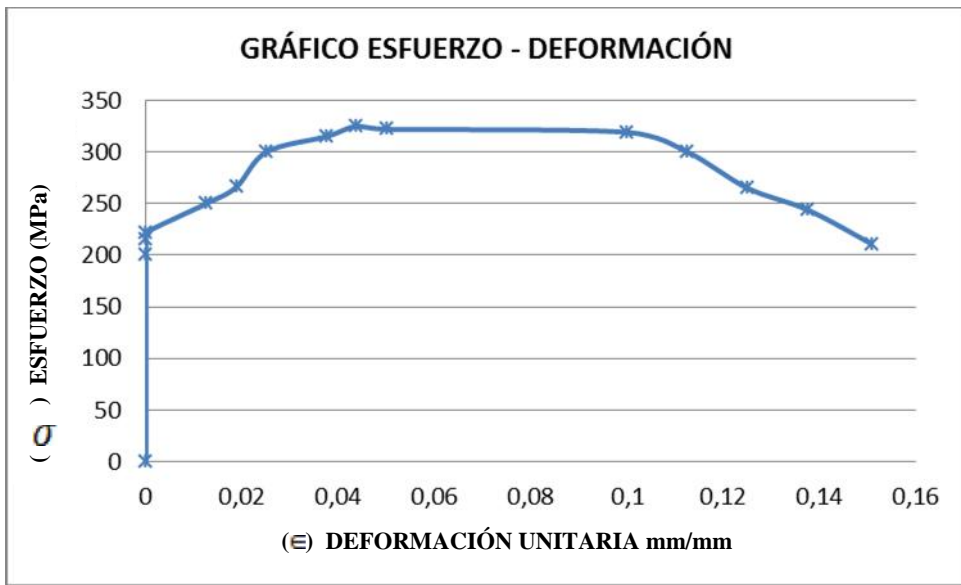
OBSERVACIONES: Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 384.44 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por: Jairo Corrales	Verificado por: Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por: Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por: Ing. Juan Paredes. Mg	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN	

DATOS INFORMATIVOS	Código: ET-CF-01
---------------------------	-------------------------

Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinius Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-05-S6	Norma:	INEN -0109

Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{87.587000 - 80}{80} * 100 = 9.48 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\ 978.45\ N}{40\ mm^2} = 349.46\ MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{266.87945\ MPa}{0.0018} = 148\ 266.3611\ MPa$$

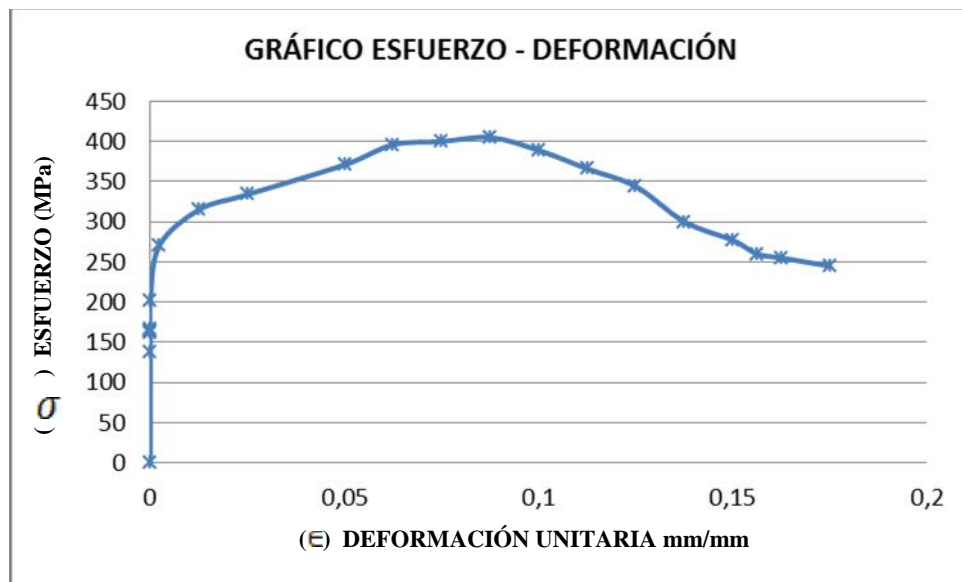
OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 349.46 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN



DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinus Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-06-S6	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{86.68792 - 80}{80} * 100 = 8.35 \%$$

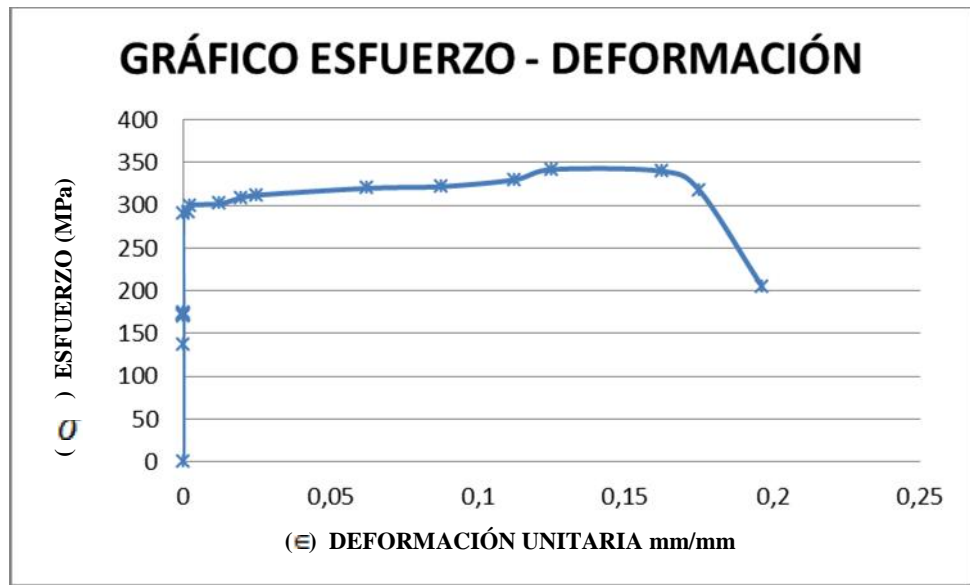
$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\ 359.87\ N}{40\ mm^2} = 336.50\ MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{270.250012\ MPa}{0.00225} = 120\ 111.1164\ MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 336.50 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN	

DATOS INFORMATIVOS		Código: ET-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	04/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Método:	Deformación controlada	Equipo:	Máquina Universal Tinus Holsen capacidad 30 tn
Ensayo N°:	ET-07-S6	Norma:	INEN -0109
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			



$$\% \text{Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{90.100001 - 80}{80} * 100 = 12.62 \%$$

$$S_{ut} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} = \frac{13\ 701.02\ N}{40\ mm^2} = 342.53\ MPa$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{292.47\ MPa}{0.00175} = 167\ 125.71\ MPa$$

OBSERVACIONES:	Falla del material base	CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	Sut _{MA} Sut _{MB} 342.53 MPa 334.3 MPa <u>APRUEBA</u>
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

Tabla 4.16: Resultados del ensayo de tracción con alambre ER70S-6

Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo:	
		Aprueba	No Aprueba
1	ET-01-S6	x	
2	ET-02-S6	x	
3	ET-03-S6		x
4	ET-04-S6	x	
5	ET-05-S6	x	
6	ET-06-S6	x	
7	ET-07-S6	x	
TOTAL		6	1

(Fuente: Autor)

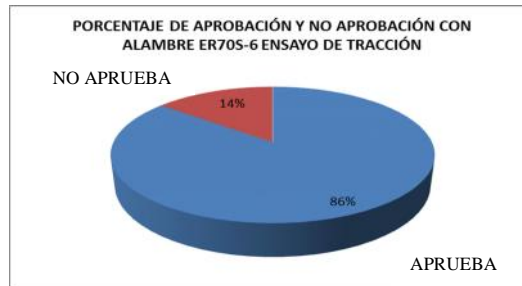


Figura 4.16: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6

(ensayo de tracción)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.17: Resultado final del ensayo de tracción

ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
57%	43%	86%	14%

(Fuente: Autor)

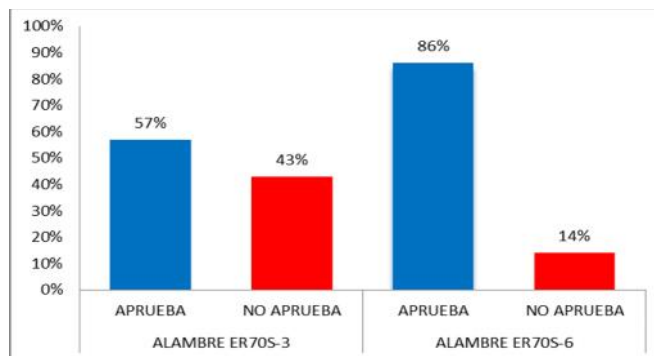


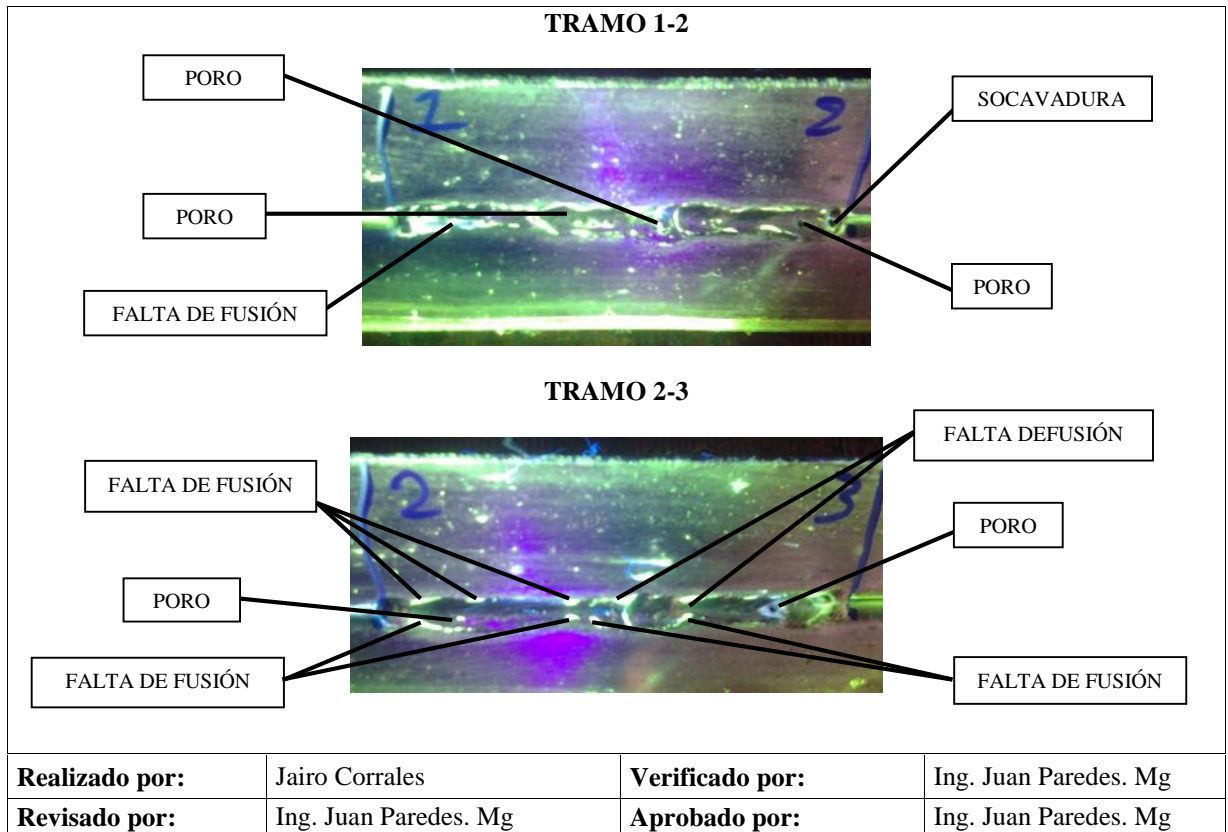
Figura 4.17: Resultado final del ensayo de tracción

(Fuente: Autor)

Una vez realizado los ensayos de tracción se puede observar que con el alambre ER70S-6 tenemos un mayor porcentaje de aprobación.

4.1.3.21 Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES					
DATOS INFORMATIVOS				Código: PT-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	08/04/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3		
Procedimiento:	Tintas Penetrantes (ASTM E-165)	Técnica:	Visible		
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si		
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G		
Ensayo N°:	PT-01-S3	Norma de Evaluación:	AWS D1.3		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO					
Descripción	Limpieza Inicial		Tinta Penetrante		Revelado
Tipo:	Aerosol		Aerosol		Aerosol
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remove		Penetrant		Developer
Tiempo de limpieza:	3 min		15 min		10 min
Marca:	MAGNAFLUX		MAGNAFLUX		MAGNAFLUX
Secado:	Evaporación Normal		Evaporación Normal		Evaporación Normal
PROCEDIMIENTO					
					
LIMPIEZA INICIAL		PENETRACIÓN		REVELADO	
					
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS					
TRAMO 0-1					
					



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(67 ; 1) (80 ; 1)	-	1.00 1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	(75 ; 2)	-	2.00	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(5 ; 1)	2.00	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL				d L/8 6 100/8 6 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(38 ; 1) (55 ; 1.5) (87 ; 1)	-	1.00 1.00 2.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-

	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(5 ; 0.5)	20.00	-	-	-	-
	Socavadura	(95 ; 1)	-	2.00	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL			d L/8 26 100/8 26 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	X

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5) (83 ; 1)	-	1.00 1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(6 ; 1) (5 ; 1) (38 ; 1) (16 ; 0.5) (37 ; 1) (46 ; 1) (61 ; 1) (42 ; 1) (61 ; 1)	4.00 6.00 2.00 3.00 2.00 2.00 4.00 2.00 3.00	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL			d L/8 30 100/8 30 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	X

Tabla 4.18: Resultados del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-3

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S3	0-1	x	
	1-2		x
	2-3		x
TOTAL		1	2

(Fuente: Autor)

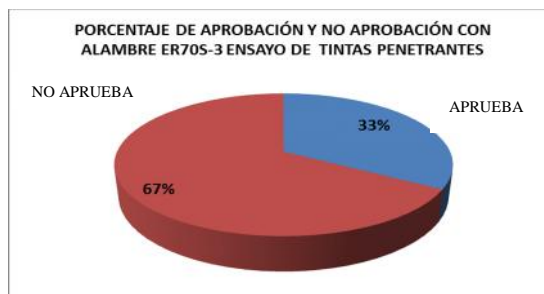
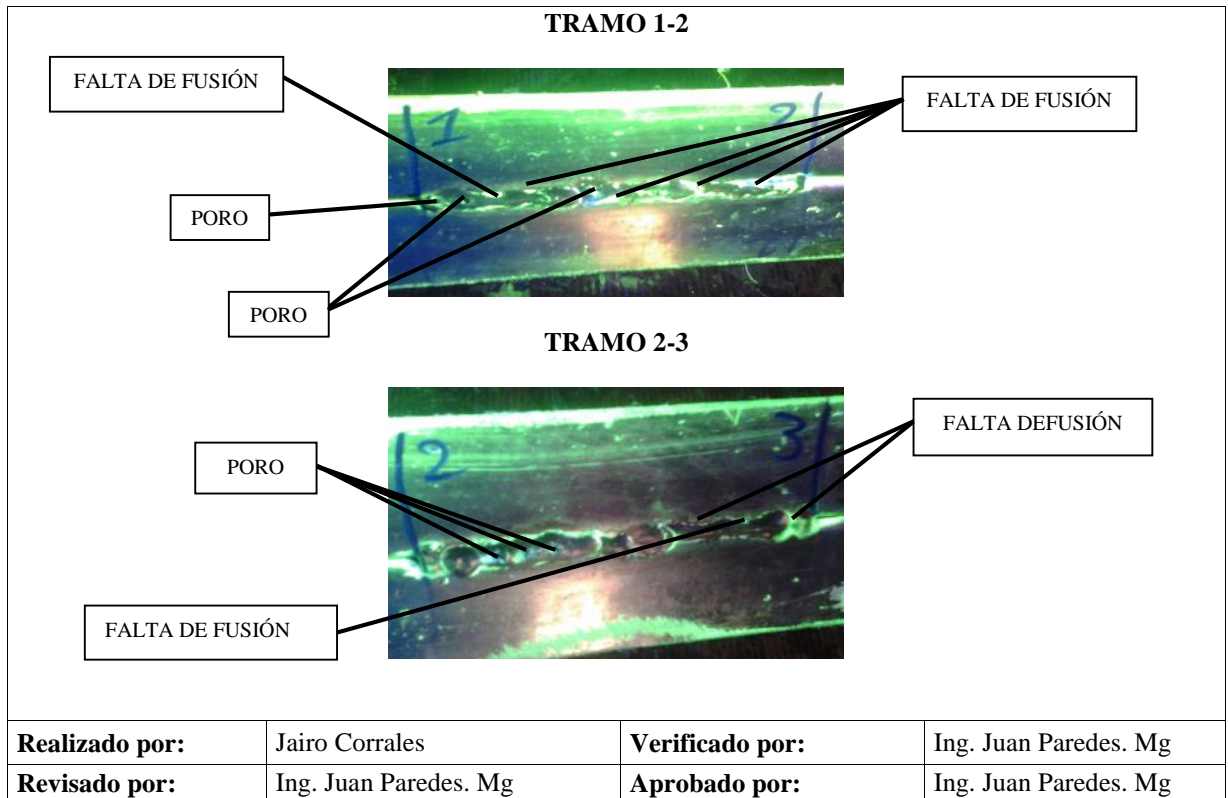


Figura 4.18: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (tintas penetrantes fluorescentes)

(Fuente: Autor)

4.1.3.22 Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
INFORME DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
DATOS INFORMATIVOS			Código: PT-CF-01
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	08/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Procedimiento:	Tintas Penetrantes (ASTM E-165)	Técnica:	Visible
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G
Ensayo N°:	PT-01-S6	Norma de Evaluación:	AWS D1.3
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO			
Descripción	Limpieza Inicial	Tinta Penetrante	Revelado
Tipo:	Aerosol	Aerosol	Aerosol
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remover	Penetrant	Developer
Tiempo de limpieza:	3 min	15 min	10 min
Marca:	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX
Secado:	Evaporación Normal	Evaporación Normal	Evaporación Normal
PROCEDIMIENTO			
			
LIMPIEZA INICIAL		PENETRACIÓN	
			
		REVELADO	
			
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS			
TRAMO 0-1			
FALTA DE FUSIÓN			PORO
	PORO	FALTA DE FUSIÓN	FALTA DE FUSIÓN



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(16 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(51 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(68 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(35 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(36 ; 1)	-	2.00	-	-	-
(60 ; 1)		-	2.00	-	-	-	
(92 ; 1)		-	3.00	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 12 100/8 12 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-	

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(3 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(10 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(50 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
Grietas	-	-	-	-	-	-	

	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(13 ; 0.5)	5.00				
		(25 ; 1)	3.00				
		(40 ; 1)	5.00	-	-	-	-
		(66 ; 1)	3.00				
(75 ; 1)		22.00					
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 21 100/8 43 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	x	

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(22 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(30 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(55 ; 1)	3.00	-	-	-	-
		(65 ; 1)	2.00	-	-	-	-
(93 ; 1)		2.00	-	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 12 100/8 12 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-	

Tabla 4.19: Resultados del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con alambre ER70S-6

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S6	0-1	x	
	1-2		x
	2-3	x	
TOTAL		2	1

(Fuente: Autor)



Figura 4.19: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (tintas penetrantes fluorescentes)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.20: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes

ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
33%	67%	67%	33%

(Fuente: Autor)

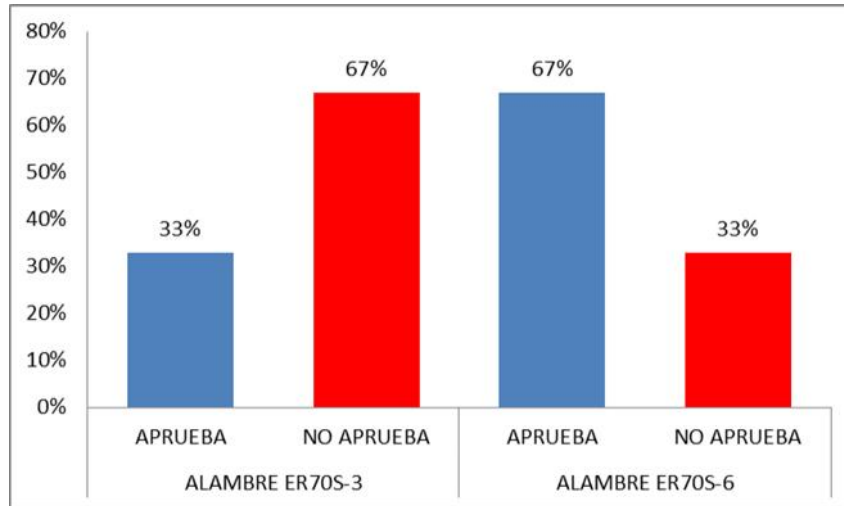


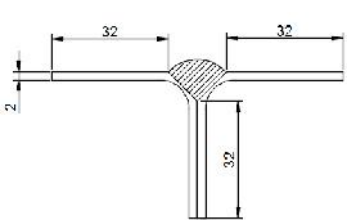
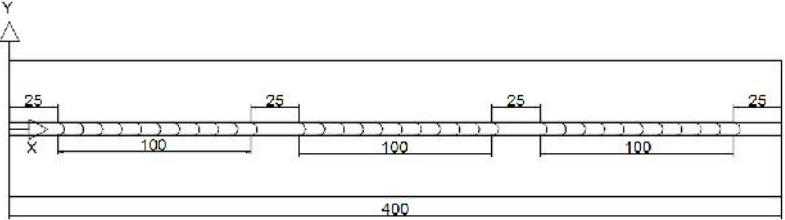







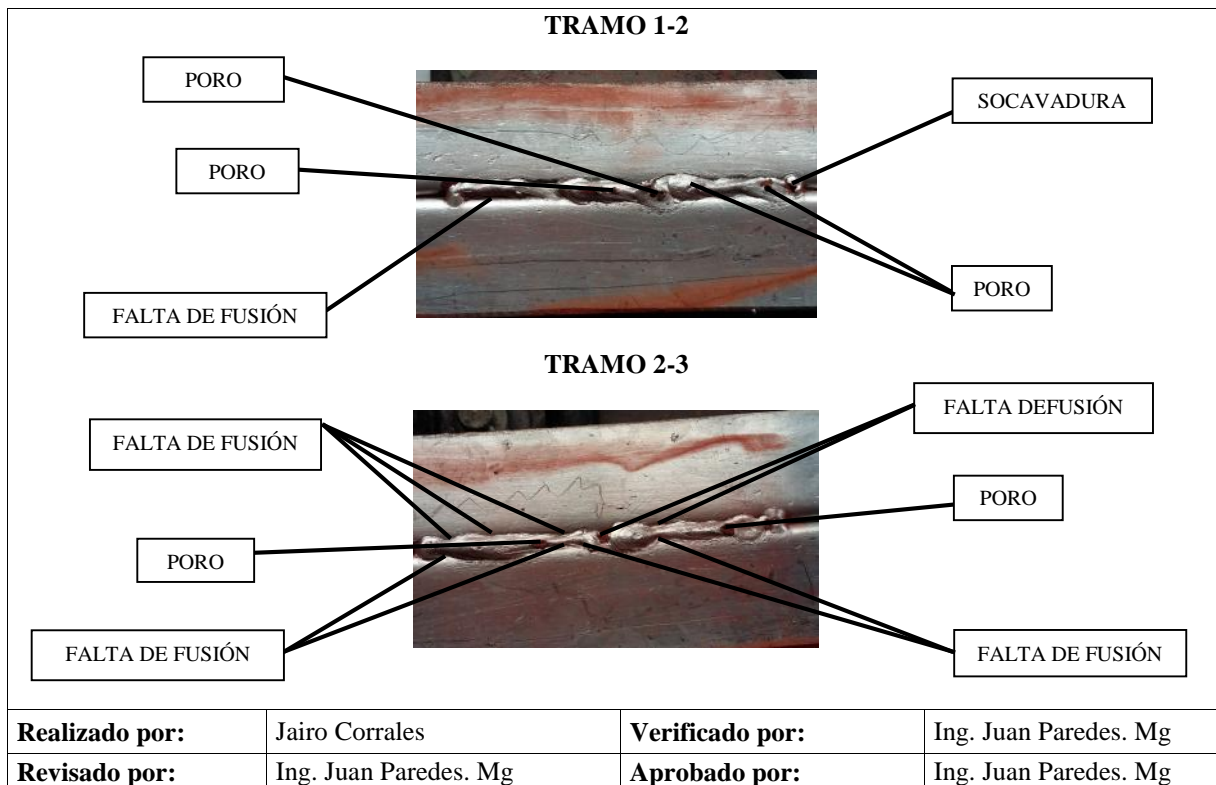
Figura 4.20: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes

(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo de tintas penetrantes se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje que aprueba es 33% y el porcentaje que no aprueba es 67%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje que aprueba es 67% y el porcentaje que no aprueba es 33%, por lo cual los parámetros que se han puesto en consideración son los adecuados en el proceso de soldadura GMAW.

4.1.3.23 Ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS			
DATOS INFORMATIVOS				Código: MT-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	28/04/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3		
Procedimiento:	Partículas Magnéticas	Técnica:	Visible		
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si		
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G		
Ensayo N°:	MT-01-S3	Norma de Evaluación:	AWS D1.3		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO					
Descripción	Limpieza Inicial	Introducción Del Yugo Magnético	Eliminación Del Exceso De Las Partículas		
Tipo:	Aerosol	-	-		
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remove	CA/CC	Mecánico		
Tiempo de limpieza:	3 min	2 min	2 min		
Marca:	MAGNAFLUX	-	-		
Secado:	Evaporación Normal	N/A	N/A		
PROCEDIMIENTO					
					
LIMPIEZA INICIAL		INTRODUCCIÓN DEL YUGO MAGNÉTICO		ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PARTÍCULAS	
					
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS					
TRAMO 0-1					
					



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(67 ; 1) (80 ; 1)	-	1.00 1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	(75 ; 2)	-	2.00	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(5 ; 1)	2.00	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL				d L/8 6 100/8 6 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(38 ; 1) (55 ; 1.5) (70 ; 1) (87 ; 1)	-	1.00 1.00 1.00 2.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(5 ; 0.5)	20.00	-	-	-	-

	Socavadura	(95 ; 1)	-	2.00	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL		d 27	L/8 100/8 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	X

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5) (83; 1)	-	1.00 1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(6 ; 1)	4.00	-	-	-	-
		(5 ; 1)	6.00				
		(38 ; 1)	2.00				
		(16 ; 0.5)	3.00				
		(37 ; 1)	2.00				
		(46 ; 1)	2.00				
		(61 ; 1)	4.00				
(42 ; 1)	2.00						
(61 ; 1)	3.00						
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
	TOTAL		d 30	L/8 100/8 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	x

Tabla 4.21: Resultados del ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-3

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S3	0-1	x	
	1-2		x
	2-3		x
TOTAL		1	2

(Fuente: Autor)

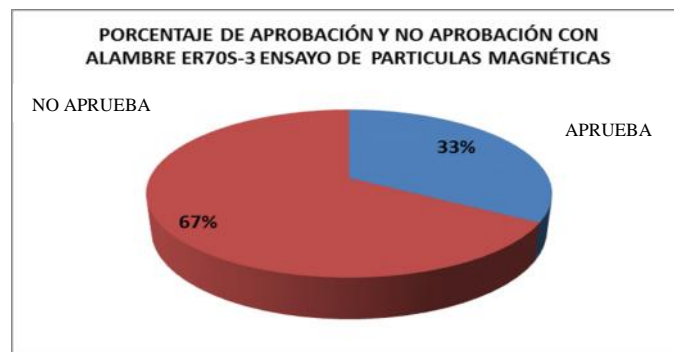


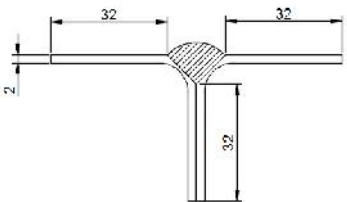
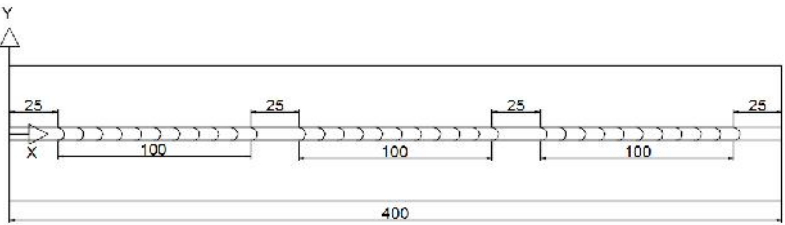



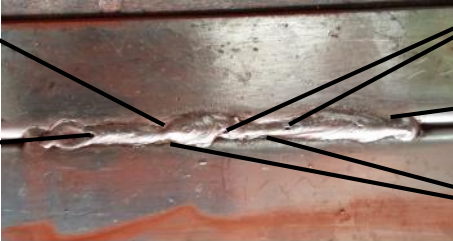
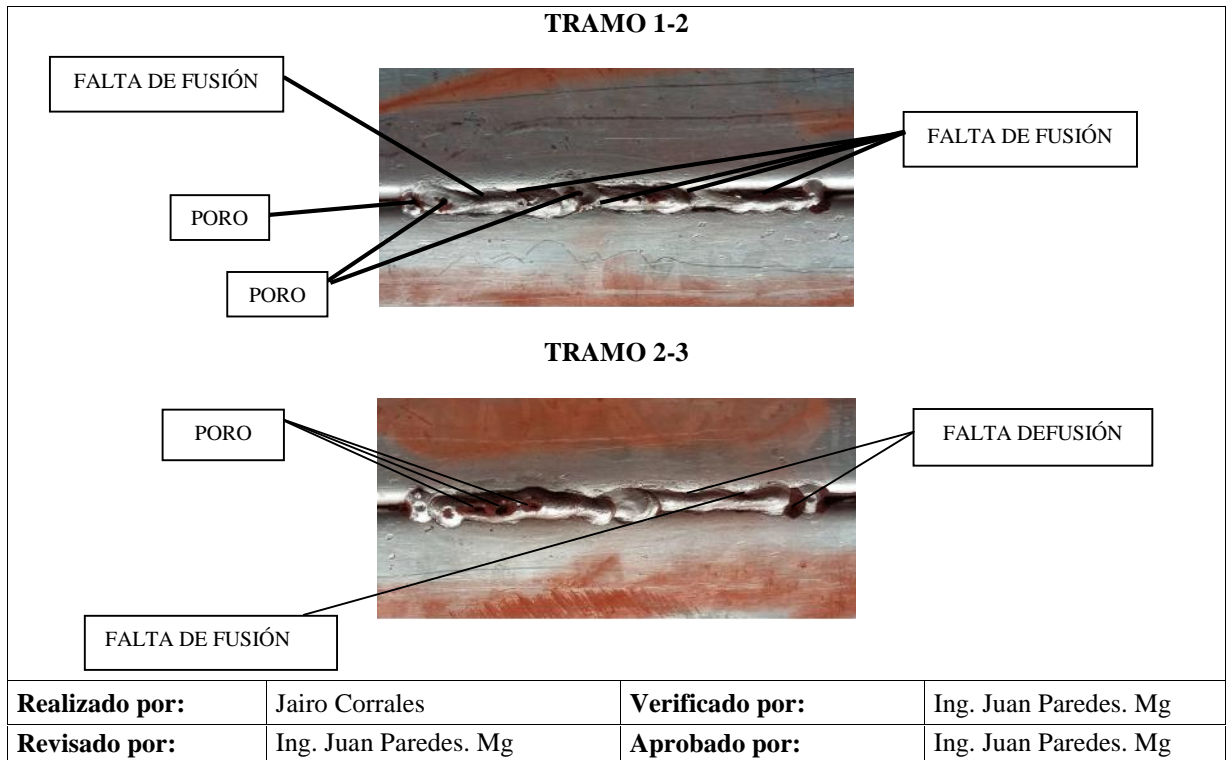


Figura 4.21: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (partículas magnéticas)

(Fuente: Autor)

4.1.3.24 Ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-6

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	INFORME DE PARTICULAS MAGNÉTICAS		
DATOS INFORMATIVOS			Código: MT-CF-01
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	28/04/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6
Procedimiento:	Partículas Magnéticas	Técnica:	Visible
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G
Ensayo N°:	MT-01-S6	Norma de Evaluación:	AWS D1.3
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO			
Descripción	Limpieza Inicial	Introducción Del Yugo Magnético	Eliminación Del Exceso De Las Partículas
Tipo:	Aerosol	-	-
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remove	CA/CC	Mecánico
Tiempo de limpieza:	3 min	2 min	2 min
Marca:	MAGNAFLUX	-	-
Secado:	Evaporación Normal	N/A	N/A
PROCEDIMIENTO			
			
LIMPIEZA INICIAL		INTRODUCCIÓN DEL YUGO MAGNÉTICO	
			
		ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PARTÍCULAS	
			
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS			
TRAMO 0-1			
FALTA DE FUSIÓN			PORO
	PORO		FALTA DE FUSIÓN
			FALTA DE FUSIÓN



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3		
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA	
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-	
	Poros	(16 ; 1)	-	1.00	-	-	-	
		(51 ; 1)	-	1.00	-	-	-	
		(68 ; 1)	-	1.00	-	-	-	
	Mordedura	-	-	-	-	-	-	
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-	
	Grietas	-	-	-	-	-	-	
	Fisuras	-	-	-	-	-	-	
	Falta de fusión	(35 ; 1)	-	2.00	-	-	-	-
		(36 ; 1)	-	2.00	-	-	-	-
(60 ; 1)		-	2.00	-	-	-	-	
(92 ; 1)		-	3.00	-	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-		
Sobremonta	-	-	-	-	-	-		
TOTAL			d L/8 12 100/8 12 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-		

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(3 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(10 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(50 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
Grietas	-	-	-	-	-	-	

	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(13 ; 0.5)	5.00				
		(25 ; 1)	3.00				
		(40 ; 1)	5.00	-	-	-	-
		(66 ; 1)	3.00				
(75 ; 1)		22.00					
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 20 100/8 20 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	x	

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(22 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(30 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(55 ; 1)	3.00	-	-	-	-
		(65 ; 1)	2.00	-	-	-	-
(93 ; 1)		2.00	-	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 10 100/8 10 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-	

Tabla 4.22: Resultados del ensayo de partículas magnéticas con alambre ER70S-6

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S6	0-1	x	
	1-2		x
	2-3	x	
TOTAL		2	1

(Fuente: Autor)

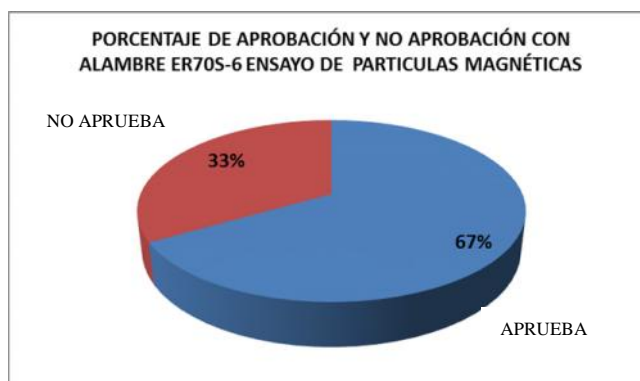


Figura 4.22: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (partículas magnéticas)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.23: Resultado final del ensayo de partículas magnéticas

ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
33%	67%	67%	33%

(Fuente: Autor)

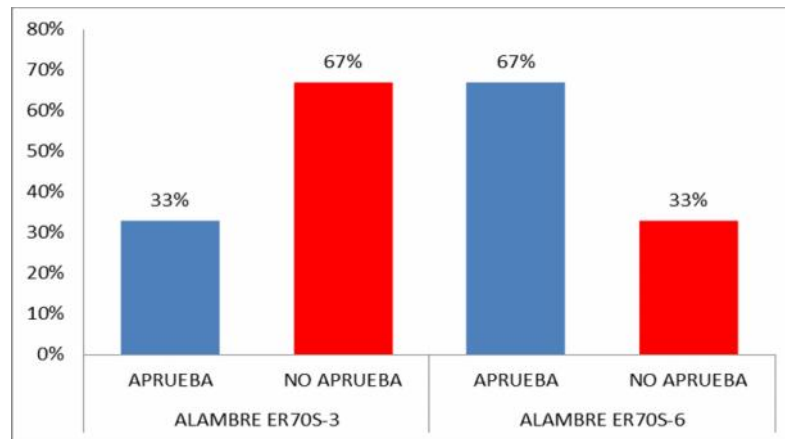


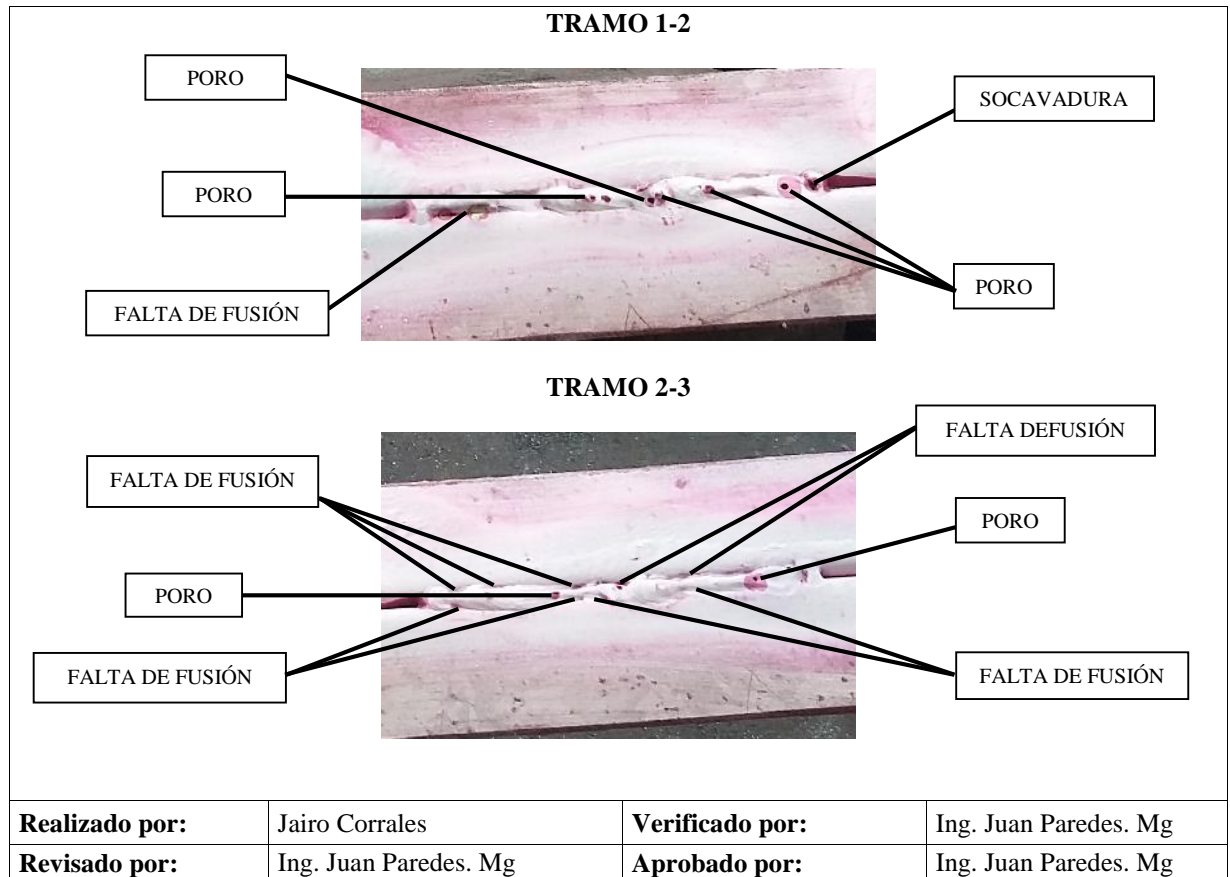
Figura 4.23: Resultado final del ensayo de partículas magnéticas

(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo de partículas magnéticas se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje que aprueba es 33% y el porcentaje que no aprueba es 67%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje que aprueba es 67% y el porcentaje que no aprueba es 33%, por lo cual los parámetros que se han puesto en consideración son los adecuados en el proceso de soldadura GMAW.

4.1.3.25 Ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE TINTAS PENETRANTES COLOREADAS			
DATOS INFORMATIVOS				Código: PT-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	29/04/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-3		
Procedimiento:	Tintas Penetrantes (ASTM E-165)	Técnica:	Visible		
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si		
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G		
Ensayo N°:	PT-01-S3	Norma de Evaluación:	AWS D1.3		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO					
Descripción	Limpieza Inicial	Tinta Penetrante	Revelado		
Tipo:	Aerosol	Aerosol	Aerosol		
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remover	Penetrant	Developer		
Tiempo de limpieza:	3 min	15 min	10 min		
Marca:	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX		
Secado:	Evaporación Normal	Evaporación Normal	Evaporación Normal		
PROCEDIMIENTO					
					
LIMPIEZA INICIAL 		PENETRACIÓN 		REVELADO 	
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS					
<p style="text-align: center;">TRAMO 0-1</p> 					



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(67 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(80 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	(75 ; 2)	-	2.00	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(5 ; 1)	2.00	-	-	-	-
		(50 ; 1)	5.00	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL				d L/8 11 100/8 11 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(38 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(55 ; 1.5)	-	1.00	-	-	-
		(58 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(70 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(87 ; 1)	-	2.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
Grietas	-	-	-	-	-	-	
Fisuras	-	-	-	-	-	-	

	Falta de fusión	(5 ; 0.5)	20.00	-	-	-	-
	Socavadura	(95 ; 1)	-	2.00	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL			d L/8 27 100/8 27 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	X

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5) (83 ; 1)	-	1.00 1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(6 ; 1) (5 ; 1) (38 ; 1) (16 ; 0.5) (37 ; 1) (46 ; 1) (61 ; 1) (42 ; 1) (61 ; 1)	4.00 6.00 2.00 3.00 2.00 2.00 4.00 2.00 3.00	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL			d L/8 30 100/8 30 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	X

Tabla 4.24: Resultados del ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-3

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S3	0-1	x	
	1-2		x
	2-3		x
TOTAL		1	2


(Fuente: Autor)

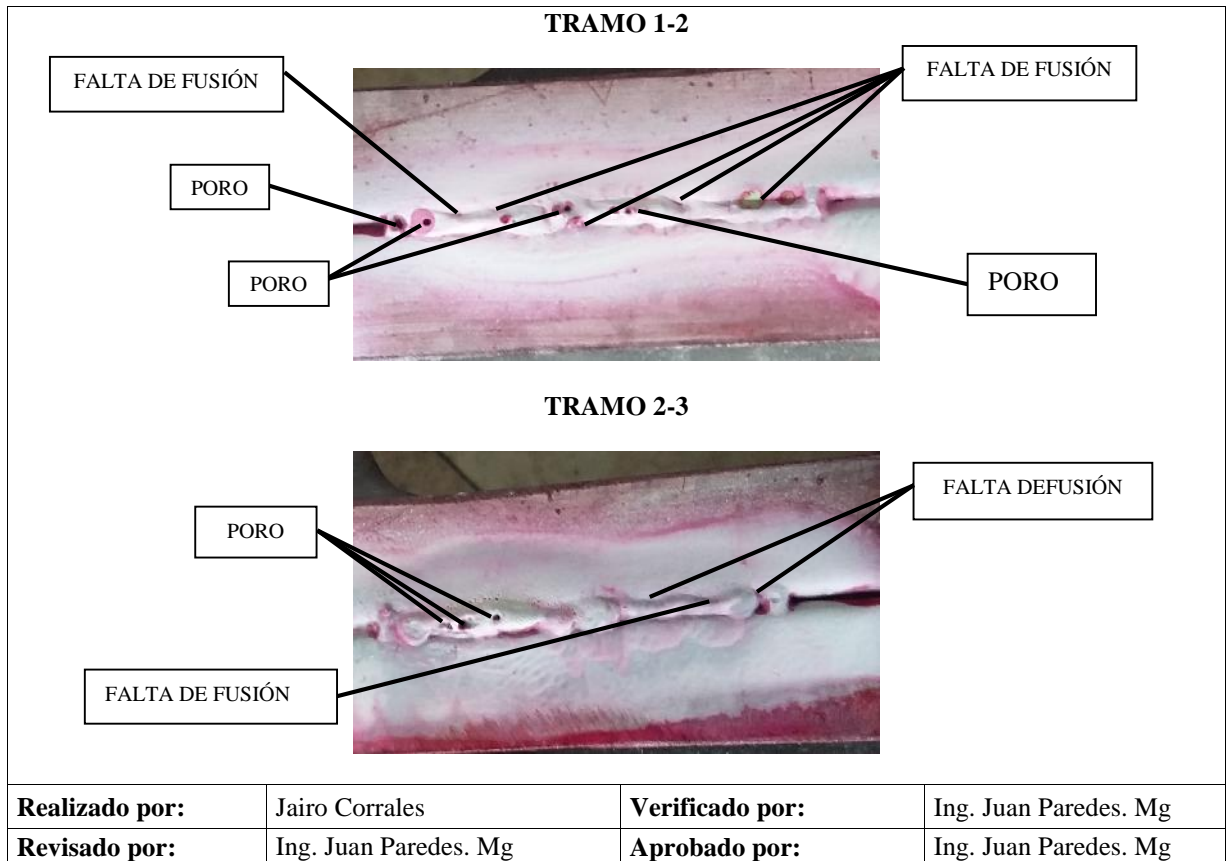


Figura 4.24: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-3 (tintas penetrantes coloreadas)

(Fuente: Autor)

4.1.3.26 Ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DE TINTAS PENETRANTES COLOREADAS			
DATOS INFORMATIVOS				Código: PT-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	29/04/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ALAMBRE ER70S-6		
Procedimiento:	Tintas Penetrantes (ASTM E-165)	Técnica:	Visible		
Temperatura:	23°C	Limpieza:	Si		
Iluminación:	Normal	Posición de Soldadura:	1G		
Ensayo N°:	PT-01-S6	Norma de Evaluación:	AWS D1.3		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO					
Descripción	Limpieza Inicial	Tinta Penetrante	Revelado		
Tipo:	Aerosol	Aerosol	Aerosol		
Modelo de aplicación:	Cleaner/Remove	Penetrant	Developer		
Tiempo de limpieza:	3 min	15 min	10 min		
Marca:	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX	MAGNAFLUX		
Secado:	Evaporación Normal	Evaporación Normal	Evaporación Normal		
PROCEDIMIENTO					
					
LIMPIEZA INICIAL		PENETRACIÓN		REVELADO	
					
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS					
					



TABULACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
0-1	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(16 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(51 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(68 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(35 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(36 ; 1)	-	2.00	-	-	-
(60 ; 1)		-	2.00	-	-	-	
(92 , 1)		-	3.00	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL				d L/8 12 100/8 12 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
1-2	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(3 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(10 ; 1)	-	2.00	-	-	-
		(50 ; 1)	-	1.00	-	-	-
		(58 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
Grietas	-	-	-	-	-	-	

	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(13 ; 0.5)	5.00				
		(25 ; 1)	3.00				
		(40 ; 1)	5.00	-	-	-	-
		(66 ; 1)	3.00				
(75 ; 1)		22.00					
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 44 100/8 44 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	-	x	

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
2-3	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	(15 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(22 ; 0.5)	-	2.00	-	-	-
		(30 ; 1)	-	1.00	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	(55 ; 1)	3.00	-	-	-	-
		(65 ; 1)	2.00	-	-	-	-
(93 ; 1)		2.00	-	-	-	-	
Socavadura	-	-	-	-	-	-	
Sobremonta	-	-	-	-	-	-	
TOTAL			d L/8 12 100/8 12 12.5	6.1.1.4 (AWS D1.3)	x	-	

Tabla 4.25: Resultados del ensayo de tintas penetrantes coloreadas con alambre ER70S-6

Código	Tramo	Criterio de aceptación y rechazo (AWS D1.3)	
		Aprueba	No Aprueba
PT-01-S6	0-1	x	
	1-2		x
	2-3	x	
TOTAL		2	1

(Fuente: Autor)



Figura 4.25: Porcentaje de aprobación y no aprobación con alambre ER70S-6 (tintas penetrantes coloreadas)

(Fuente: Autor)

Tabla 4.26: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes coloreadas

ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
33%	67%	67%	33%

(Fuente: Autor)

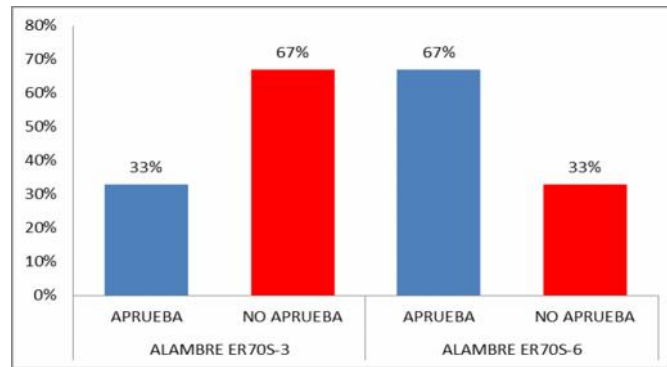


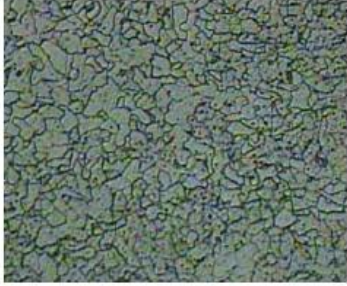
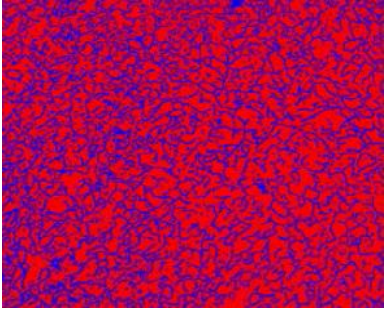
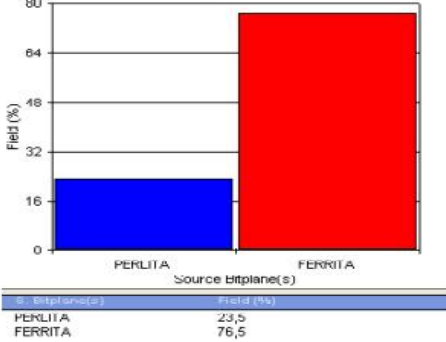


Figura 4.26: Resultado final del ensayo de tintas penetrantes coloreadas



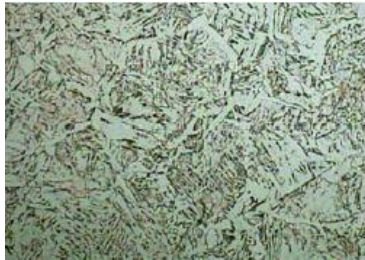
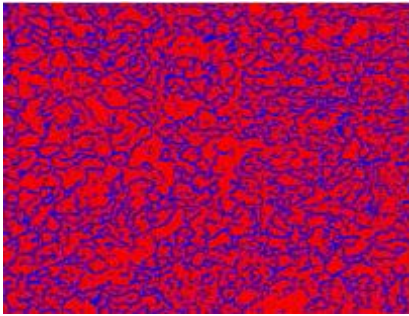
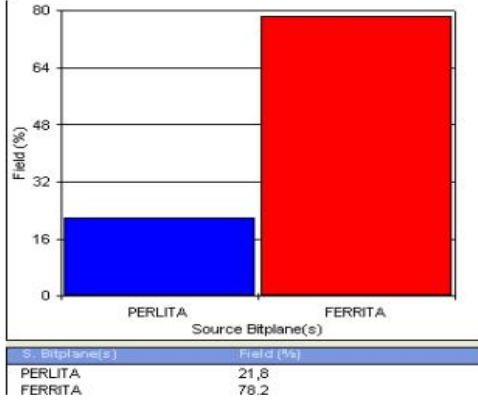
(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo de tintas penetrantes coloreadas se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje que aprueba es 33% y el porcentaje que no aprueba es 67%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje que aprueba es 67% y el porcentaje que no aprueba es 33%, por lo cual los parámetros que se han puesto en consideración son los adecuados en el proceso de soldadura GMAW.

4.1.3.27 Ensayo metalográfico del material base

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	INFORME DEL ENSAYO METALOGRAFICO		
DATOS INFORMATIVOS			Código: EM-CF-01
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	02/05/2016
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	N/A
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	N/A
Ensayo N°:	EM-01-MB	Posición de Soldadura:	1G
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO			
Pulido:	Pulido Mecánico	Temperatura durante el pulido:	21 °C
Superficie óptima en:	49 min	Iluminación:	Buena
Ataque químico:	Nital 4	Tiempo:	5 sg.
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
RESULTADO			
			
Material Base (100X-Nital 4)			
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: MATERIAL BASE			
COMPONENTES MICROESTRUCTURALES		PORCENTAJE	
			
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS			
Revisada la microestructura del material base del ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M se puede indicar que los componentes son 76.5% de Ferrita y 23.5% de Perlita			
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

4.1.3.28 Ensayo metalográfico con alambre ER70S-3

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA								
	INFORME DEL ENSAYO METALOGRAFICO								
DATOS INFORMATIVOS			Código: EM-CF-01						
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	02/05/2016						
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg						
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW						
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ER70S-3						
Ensayo N°:	EM-01-MB	Posición de Soldadura:	1G						
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO									
Pulido:	Pulido Mecánico	Temperatura durante el pulido:	21 °C						
Superficie óptima en:	49 min	Iluminación:	Buena						
Ataque químico:	Nital 4	Tiempo:	5 sg.						
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica									
RESULTADO									
									
Soldadura (100X-Nital 4)									
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: MATERIAL APORTE									
COMPONENTES MICROESTRUCTURALES		PORCENTAJE							
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>21,8</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>78,2</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	21,8	FERRITA	78,2
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	21,8								
FERRITA	78,2								
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS									
Revisada la microestructura de la junta soldada ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M con alambre ER70S-3, se puede indicar que los componentes son 78.2% de Ferrita y 21.8% de Perlita									
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg						
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg						

4.1.3.29 Ensayo metalográfico con alambre ER70S-6




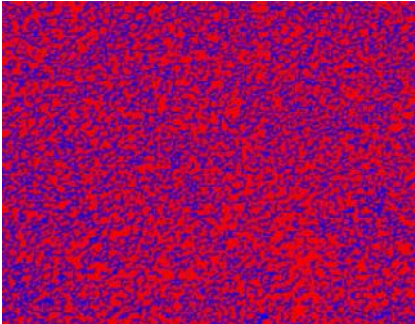
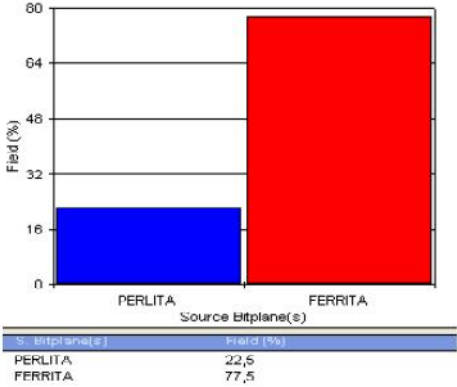
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA INFORME DEL ENSAYO METALOGRAFICO			
DATOS INFORMATIVOS				Código: EM-CF-01	
Responsable:	Jairo Corrales	Fecha:	02/05/2016		
Solicitante:	U.T.A-FICM	Inspección:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Espesor:	2mm	Proceso de soldadura:	GMAW		
Material Base (MB):	ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M	Material Aporte (MA):	ER70S-6		
Ensayo N°:	EM-01-MB	Posición de Soldadura:	1G		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Pulido:	Pulido Mecánico	Temperatura durante el pulido:	21 °C		
Superficie óptima en:	49 min	Illuminación:	Buena		
Ataque químico:	Nital 4	Tiempo:	5 sg.		
Laboratorio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
RESULTADO					
					
Soldadura (100X-Nital 4)					
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: MATERIAL APORTE					
COMPONENTES MICROESTRUCTURALES			PORCENTAJE		
					
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
Revisada la microestructura de la junta soldada ACERO GALVANIZADO ASTM A-924M con alambre ER70S-6, se puede indicar que los componentes son 77.5% de Ferrita y 22.5% de Perlita					
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		

Tabla 4.27: Resultado final del ensayo metalográfico

ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
PERLITA	FERRITA	PERLITA	FERRITA
21.8%	78.2%	22.5%	77.5%

(Fuente: Autor)

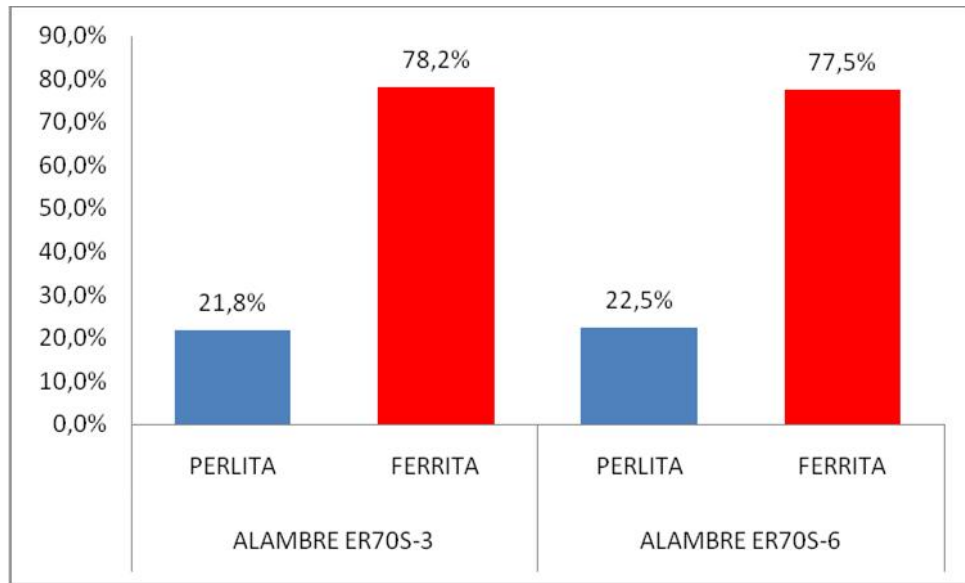


Figura 4.27: Resultado final del ensayo metalográfico

(Fuente: Autor)

Una vez realizado el ensayo metalográfico se puede observar que al utilizar el alambre ER70S-3 el porcentaje de ferrita es 68.30% y el porcentaje de perlita es 31.70%; al utilizar el alambre ER70S-6 el porcentaje de ferrita es 64.40% y el porcentaje de perlita es 35.60%, por lo cual los parámetros que se han puesto en consideración son los adecuados en el proceso de soldadura GMAW.

4.2 Análisis de resultados

Tabla 4.28: Resultado final de los diferentes tipos de ensayos.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
	APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
DOBLEZ GUIADO	43%	57%	66.67%	33.33%
TRACCIÓN	57%	43%	86%	14%
LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES	33%	67%	67%	33%
PARTICULAS MAGNÉTICAS	33%	67%	67%	33%
LIQUIDOS PENETRANTES COLOREADAS	33%	67%	67%	33%
METALOGRÁFICO	21,8% (PERLITA)	78,2% (FERRITA)	22,5% (PERLITA)	77,5% (FERRITA)

(Fuente: Autor)

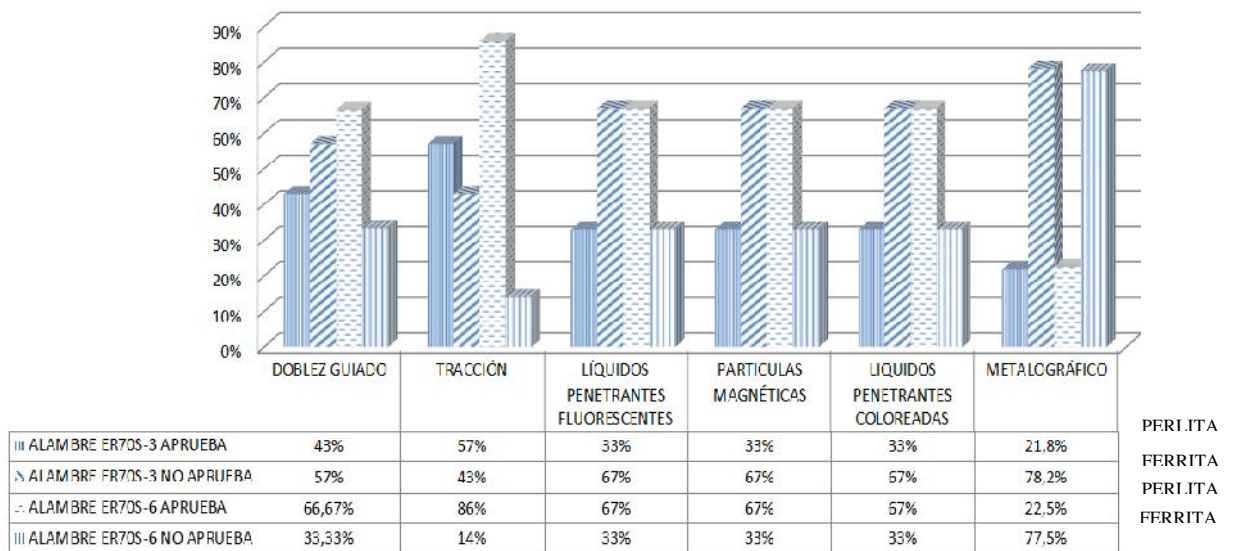


Figura 4.2.28: Resultado final de los diferentes tipos de ensayos.

(Fuente: Autor)

4.3 Verificación de la hipótesis

El estudio del proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 aplicado en el acero galvanizado ASTM A-924M reducirá el grado de defectología en las juntas soldadas en el proceso de fabricación de carrocerías en la empresa CARROCERÍAS FIALLOS.

Tabla 4.3.1: Resultados de la verificación de la hipótesis

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	ALAMBRE ER70S-3		ALAMBRE ER70S-6	
	APRUEBA	NO APRUEBA	APRUEBA	NO APRUEBA
DOBLEZ GUIADO	43%	57%	66.67%	33.33%
TRACCIÓN	57%	43%	86%	14%
LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES	33%	67%	67%	33%
PARTICULAS MAGNÉTICAS	33%	67%	67%	33%
LIQUIDOS PENETRANTES COLOREADAS	33%	67%	67%	33%
METALOGRÁFICO	21,8%	78,2%	22,5%	77,5%
TOTAL	36,8%	63,2%	62,69%	37,31%

(Fuente: Autor)

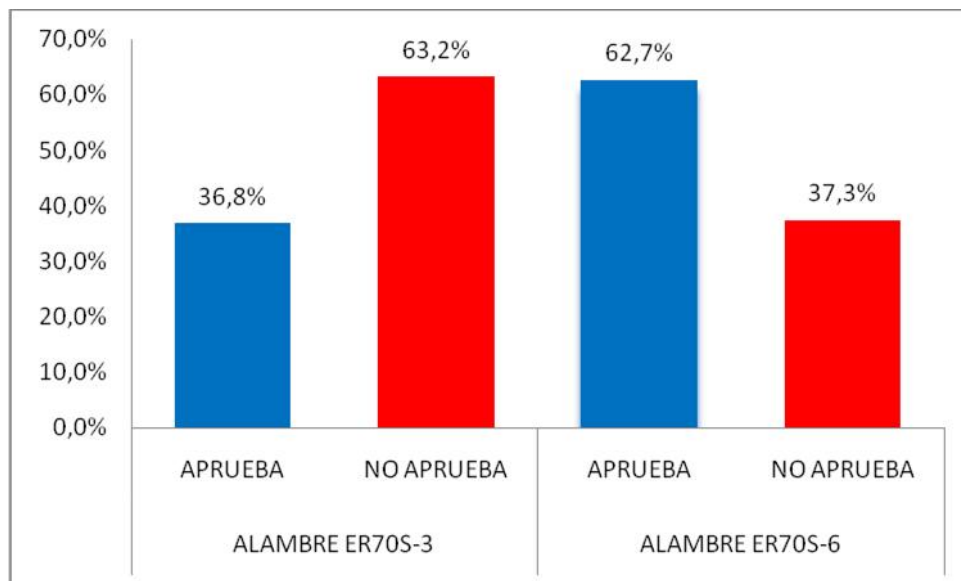


Figura 4.3.1: Resultado de la verificación de la hipótesis

(Fuente: Autor)

Para la elaboración de la tabla y figura de la verificación de la hipótesis se seleccionó los resultados finales de cada uno de los ensayos anteriormente detallados, en donde se puede observar claramente que el porcentaje de aprobación en el proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y alambre ER70S-6 tiene una variación del 25.9%, por ende se indica que con el alambre ER70S-6 tenemos menor defectología y se corrobora la hipótesis planteada en la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez que se ha realizado el estudio de proceso de soldadura GMAW con alambre ER70S-3 y ER70S-6 en el proceso de fabricación de carrocerías utilizando perfiles conformados de acero galvanizado ASTM A-924M se puede anotar las siguientes conclusiones:

- ✓ Se determina que para obtener las probetas bajo la norma AWS D1.3 se utiliza el proceso de soldadura GMAW con el alambre ER70S-3 y ER70S-6, las cuales nos dan el número de 67 probetas a ser ensayadas.
- ✓ Se realizó las especificaciones del procedimiento de soldadura GMAW (WPS) para de esta manera definir cada uno de los parámetros que intervienen en proceso de soldadura antes mencionado.
- ✓ Una vez realizado el ensayo de doblez guiado y el ensayo de tracción se determina que al utilizar el alambre ER70S-3 existe mayor número de grietas en el cordón de soldadura.
- ✓ El acero galvanizado ASTM A-924M soldado con alambre ER70S-6 mediante el proceso GMAW presenta una resistencia a la tracción y un porcentaje de elongación mayor que cuando soldamos con alambre ER70S-3.
- ✓ El procedimiento de soldadura (WPS) elaborado cumple con los requerimientos establecidos en la norma AWS D1.3 ya que se establece el tipo de material, amperaje, posición, proceso de soldadura, etc.
- ✓ Al comparar entre los dos tipos de alambres de soldadura se verifica que con el alambre ER70S-6 se obtiene un mejor cordón de soldadura
- ✓ La carga máxima que se registra en los ensayos de tracción es de 15 377.99 N.

- ✓ Una vez realizado los WPS y continuar con el ensayo de doblez guiado se registra un porcentaje de aprobación de las probetas soldadas con alambre ER70S-3 del 43% y con el alambre ER70S-6 del 66.67%, lo cual nos da una diferencia del 23.67% al comparar los dos tipos del alambres.
- ✓ Los tipos de defectos que se encontraron una vez realizados los ensayos de tintas penetrantes fluorescentes, partículas magnéticas y tintas penetrantes coloreadas son, poros, socavadura, grietas y falta de fusión.
- ✓ Se desarrolló un formato para la presentación de informes el cual integra todos los elementos necesarios para la fácil comprensión de los mismos, como son características del metal base y de aporte, así como de los equipos utilizados y normas de criterio de aceptación o rechazo de soldadura.
- ✓ El porcentaje de Perlita en la junta soldada con alambre ER70S-6 es mayor que con el alambre ER70S-3.

5.2 Recomendaciones

Por la investigación realizada anteriormente se puede formular las siguientes recomendaciones:

- ✓ Utilizar el tipo de alambre que tiene mayor nivel de silicio y manganeso, porque son alambres de mejor rendimiento y ofrecen el charco mucho más fluido, por ende produce un mejor acabado en el cordón de soldadura.
- ✓ Comprobar las características del material con las fuentes bibliográficas, catálogos y normas que envían desde la fábrica.
- ✓ Utilizar el equipo de seguridad personal antes de realizar el proceso de soldadura GMAW para evitar quemaduras o irritación en los ojos.
- ✓ En cuanto a la aplicación de tintas penetrantes fluorescentes, partículas magnéticas y tintas penetrantes coloreadas, tomar las debidas medidas de seguridad personal, como la utilización de gafas, mascarilla y guantes quirúrgicos, al tratarse de químicos nocivos para la salud.

- ✓ La soldadura de las probetas se debe realizar en un ambiente adecuado libre de impurezas propias de la carrocería que podrían afectar los resultados de los diferentes tipos de ensayos.
- ✓ Al momento de realizar el ensayo de doblez guiado se debe tener mucho cuidado al tratar de doblar la probeta con el martillo, ya que si la soldadura es defectuosa esta no aprobará.
- ✓ Se debe calibrar la máquina universal antes de realizar el ensayo de tracción, para de esta manera evitarnos datos erróneos.
- ✓ Al realizar el ensayo metalográfico las probetas deben estar pulidas de manera correcta, ya que si no es así al observar en el microscopio obtendremos ralladuras las mismas que impiden ver los componentes microestructurales del acero ensayado.
- ✓ El ataque químico se debe realizar en un tiempo muy acertado porque de esta manera no se tendrá una quemadura la cual nos impedirá observar la microestructura.



MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía



- [1] Pere Molera Sosa, 1992, Soldadura Industrial clases y aplicaciones, España-Barcelona: Marcombo, Editorial Milenio.
- [2] Rowe Richard , Jeffus Larry, 2008, Manual de soldadura GMAW, España-Madrid: Paraninfo, Editorial Alba.
- [3] Giachino Joseph W; Weeks William, 1981, Técnicas y prácticas de soldadura, España-Barcelona: Reverté, Editorial Alianza.
- [4] Casillas Iturbe Miguel A, 2000, Aplicación del diseño de experimentos a un proceso de soldadura GMAW, México-Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Editorial Gredos.
- [5] Navarro José Martin; Morales Tomas Gomes; García Jiménez José Luis, 2010, Mecanizado Básico y Soldadura, España-Madrid: Paraninfo, Editorial Olañeta.
- [6] Houldcroft P.T, 1980, Tecnología de los procesos de soldadura, España-Barcelona: Ceac S.A, Editorial Lumen.
- [7] Acesco, 2000, Manual Tecnico del Acero Galvanizado, Colombia: Cúcuta, Editorial Nevsky.
- [8] Smith William F, 1998, Fundamentos de la Ciencia e Ingenieria de Materiales, España-Madrid: Acebeda, Editorial Satori.
- [9] Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2002, Líquidos Penetrantes Nivel II, España-Madrid, Editorial FC.
- [10] Eyheralde Miguel, 2005, Inspección Especializada de Mecánica en General, Alemania-Berlín: Brandeburgo, Editorial Taurus.
- [11] Gómez de Salazar J.M, 2014, Revista de Metalurgia, Francia-Paris: Lema, Editorial Herder.
- [12] J. Lau, Ensayos no destructivos y pruebas de tensión mecánica [online]. México: Universidad Veracruzana, 2013 Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v18n2/art02.pdf>

2. Anexos



Anexo A: Hoja de datos de soldadura WPS.

		WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Nombre De La Empresa: Proceso De Soldadura: Tipo: MANUAL () AUTOMÁTICO () SEMIAUTOMÁTICO () Fecha:			Identificación: 1 PQR De Apoyo: N/A Autorizado Por:				
DISEÑO DE UNIÓN Tipo De Unión: Tipo De Soldadura: Abertura De Raíz: N/A Ángulo De Ranura: N/A Tamaño De Cara De Raíz: N/A Radio: N/A Soporte: Método: N/A Limpieza De Raíz: Material De Aporte:			POSICIÓN Posición De Ranura: Progresión: ASCENDENTE () DESCENDENTE: () METAL BASE Especificación: Tipo o Grado: ----- Espesor: METAL DE APORTE Especificación AWS: Clasificación AWS:				
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODELO DE TRANSFERENCIA () CORTO CICUITO () PULSADOR () GLOBULAR () SPRAY ()			TÉCNICA Aportación: RECTA () OSCILANTE: () Pase: SIMPLE (X) MÚLTIPLE () Limpieza Entre Pase: SI () NO () Martillado:				
CORRIENTE DEL PROCESO GMAW CA () CC ()			PRECALENTAMIENTO Temperatura: ----- Temperatura De Interpase: -----				
PROTECCIÓN Fundente: ----- Composición: ----- Electrodo Fundente: ----- Velocidad De Flujo: Tamaño De La Boquilla: -----			POSCALENTAMIENTO Temperatura: ----- Tiempo: -----				
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)
		CLASE	DIÁMETRO (mm)	TIPO Y POLARIDAD	AMPERAJE (Amp)	VOLTAJE V	
DETALLE DE LA JUNTA							
Realizado por:		Jairo Corrales		Verificado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:		Ing. Juan Paredes. Mg		Aprobado por:		Ing. Juan Paredes. Mg	

Anexo B: Formato para el ensayo de doblez guiado.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO				
DATOS INFORMATIVOS					
Responsable:		Fecha:			
Solicitante:		Inspección:			
Espesor:		Proceso de soldadura:			
Material Base:		Material Aporte			
Tipo de junta/Norma aplicada:		Posición de soldadura:			
Ensayo N°:		Código:			
Laboratorio:					
Probeta	Antes del doblado	Después del doblado	Observación	Criterio de aceptación y rechazo:	
				Aprueba	No Aprueba
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg		

Anexo C: Formato para el ensayo de tracción.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN		
DATOS INFORMATIVOS			Código:
Responsable:		Fecha:	
Solicitante:		Inspección:	
Espesor:		Proceso de soldadura:	
Material Base (MB):		Material Aporte (MA):	
Método:		Equipo:	
Ensayo N°:		Norma:	
Laboratorio:			
OBSERVACIONES:		CRITERIO DE CALIFICACIÓN:	
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

Anexo D: Formato para el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y coloradas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
	INFORME DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y COLOREADAS			
DATOS INFORMATIVOS			Código:	
Responsable:		Fecha:		
Solicitante:		Inspección:		
Espesor:		Proceso de soldadura:		
Material Base (MB):		Material Aporte (MA):		
Procedimiento:		Técnica:		
Temperatura:		Limpieza:		
Iluminación:		Posición de Soldadura:		
Ensayo N°:		Norma de Evaluación:		
Laboratorio:				
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO				
Descripción	Limpieza Inicial	Tinta Penetrante	Revelado	
Tipo:				
Modelo de aplicación:				
Tiempo de limpieza:				
Marca:				
Secado:				
PROCEDIMIENTO				
LIMPIEZA INICIAL	PENETRACIÓN	REVELADO		
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS				
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	

Anexo E: Formato para el ensayo de partículas magnéticas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	INFORME DE PARTICULAS MAGNÉTICAS		
DATOS INFORMATIVOS			Código:
Responsable:		Fecha:	
Solicitante:		Inspección:	
Espesor:		Proceso de soldadura:	
Material Base (MB):		Material Aporte (MA):	
Procedimiento:		Técnica:	
Temperatura:		Limpieza:	
Iluminación:		Posición de Soldadura:	
Ensayo N°:		Norma de Evaluación:	
Laboratorio:			
ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO			
Descripción	Limpieza Inicial	Introducción Del Yugo Magnético	Eliminación Del Exceso De Las Partículas
Tipo:			
Modelo de aplicación:			
Tiempo de limpieza:			
Marca:			
Secado:			
PROCEDIMIENTO			
LIMPIEZA INICIAL	INTRODUCCIÓN DEL YUGO MAGNÉTICO	ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PARTÍCULAS	
ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS			
Realizado por:	Jairo Corrales	Verificado por:	Ing. Juan Paredes. Mg
Revisado por:	Ing. Juan Paredes. Mg	Aprobado por:	Ing. Juan Paredes. Mg

Anexo F: Formato para la tabulación de resultados de los ensayos de tintas penetrantes fluorescentes, tintas penetrantes coloradas y partículas magnéticas.

TRAMO	DISCONTINUIDAD	COORDENADAS	LONGITUD	DIÁMETRO	OBSERVACIÓN	CRITERIO AWS D1.3	
		(mm)	(mm)	(mm)		ACEPTADA	RECHAZADA
	Nido de poros	-	-	-	-	-	-
	Poros	-	-	-	-	-	-
	Mordedura	-	-	-	-	-	-
	Salpicadura	-	-	-	-	-	-
	Grietas	-	-	-	-	-	-
	Fisuras	-	-	-	-	-	-
	Falta de fusión	-	-	-	-	-	-
	Socavadura	-	-	-	-	-	-
	Sobremonta	-	-	-	-	-	-
	TOTAL			-	-	-	-



Designación: E 165 - 02

Método de Ensayo Normalizado para Inspección por Líquidos Penetrantes¹

Esta norma se emitió bajo la denominación fija de E 165; el número inmediatamente a continuación indica el año de su adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una epsilon en superíndice (*) indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

1. - Propósito

1.1 Este método² cubre los procedimientos de examen por líquidos penetrantes de materiales. Estos son métodos de ensayos no destructivos para discontinuidades abiertas a la superficie tales como fisuras, juntas, pliegues, cierres en frío, laminaciones, perdidas pasantes, o faltas de fusión y son aplicables a examen en-proceso, final o de mantenimiento. Ellos se pueden usar efectivamente en la examinación de materiales metálicos no porosos en ambas formas, ferrosas y no ferrosas, y de materiales no metálicos tales como vidriados o cerámicos totalmente densificados, ciertos plásticos no porosos, y vidrios.

1.2 Este método de ensayo también brinda una referencia:

1.2.1³ Por el cual un proceso de examen recomendado o solicitado por pueden ser revisados para determinar su aplicabilidad y consumación.

1.2.2 Para uso en la preparación de especificaciones de proceso que tengan que ver con el examen mediante líquidos penetrantes de materiales y partes. Totalmente recomendado para acuerdos entre el usuario y proveedor en lo que concierne a técnicas específicas.

1.3 Este método de ensayo no indica o sugiere criterio para la evaluación de las indicaciones obtenidas. Sin embargo, se tendría que establecer, que después de su detección, se tendrían que interpretar o clasificar y entonces ser evaluadas. Para este propósito tendrá que haber un código o especificación separado o un acuerdo específico para definir el tipo, tamaño, ubicación y dirección de las indicaciones consideradas aceptables, y aquellas consideradas inaceptables.

1.4 Los valores establecidos en unidades de pulgadas - libras son las que tienen que ver con la norma. Las unidades SI se brindan sólo para información.

1.5 Esta norma no pretende agregar todo lo concerniente con seguridad, quizás lo asociado con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad adecuadas y prácticas saludables y determinar la aplicabilidad de de limitaciones regulatorias prioritarias al uso.

¹Este método de ensayo esta bajo la jurisdicción del Comité E07 de ASTM en Ensayos No Destructivos y es responsabilidad directa del Subcomité B07.09 en los métodos de Líquidos Penetrantes y Partículas Magnetizables.

La corriente edición fue aprobada el 10 de Febrero de 2002. Originalmente publicada como E 165 - 60 T. Última edición previa: E 165-95
²Para las aplicaciones del Código ASME para calderas y recipientes de presión, ver la parte relacionada con Prácticas Recomendadas de Método de Ensayo SE - 165 en el Código.

2. - Documentos de referencia

- 2.1 *ASTM Standards:*
- D 129 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (General Bomb Method)³
- D 516 Test Method for Sulfate Ion in Water⁴
- D 808 Test Method for Chlorine in New and Used Petroleum Products (Bomb Method)⁴
- D 1193 Specification for Reagent Water⁴
- D 1552 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature Method)¹
- D 4327 Test Method for Anions in Water by Chemically Suppressed Ion Chromatography⁴
- E 435 Reference Photographs for Liquid Penetrant Inspection⁵
- E 543 Practice for Evaluating Agencies that Perform Non-destructive Testing⁶
- E 1208 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Lipophilic Post-Emulsification Process⁵
- E 1209 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Water-Washable Process⁵
- E 1210 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Hydrophilic Post-Emulsification Process⁵
- E 1219 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process⁵
- E 1220 Test Method for Visible Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process⁵
- E 1316 Terminology for Nondestructive Examinations⁵
- E 1418 Test Method for Visible Penetrant Examination Using the Water-Washable Process⁵
- 2.2 *ASNT Documents:*⁶
- Recommended Practice SNT-TC-1A for Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification
- ANSI/ASNT CP-189 Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel

³Libro Anual de Normas ASTM, Vol. 05.01

⁴Libro Anual de Normas ASTM, Vol. 11.01

⁵Libro Anual de Normas ASTM, Vol. 03.05

⁶ Disponible desde ASNT



- 2.3 *Military Standard:*
MIL-STD-410 Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification⁷
- 2.4 *APHA Standard:*
429 Method for the Examination of Water and Wastewater⁸
- 2.5 *AIA Standard:*
NAS-410 Certification and Qualification of Nondestructive Test Personnel⁹

3. - Terminología

3.1 *Las definiciones relacionadas con el examen con Líquidos Penetrantes, que aparecen en Terminología E 1316, se aplicaran a los términos usados en esta norma.*

4. - Resumen de Método de Ensayo

4.1 *Un líquido penetrante que pueda ser un material visible o fluorescente se aplicara uniformemente a la superficie examinada y se permitirá que ingrese a las discontinuidades abiertas a la superficie. Después de un adecuado tiempo de penetración, el exceso de penetrante de la superficie será removido. Se aplicará un revelador para permitir el sangrado del líquido atrapado hacia fuera de las discontinuidades y teñir el revelador. Se observará entonces la superficie de ensayo para determinar la presencia o ausencia de indicaciones.*

Nota 1—El revelador se aplicará siempre que haya acuerdo entre comprador y proveedor.

Nota 2—Precaución: El examen por líquidos penetrantes fluorescentes no seguirá a continuación del de líquidos visibles a menos que el procedimiento haya sido calificado de acuerdo con 10.2 a causa de que los pigmentos visibles pueden deteriorar o apagar a los fluorescentes.

4.2 *El tratamiento de las variables, tales como la limpieza de la superficie, tiempo de penetración y los métodos de remoción del exceso de penetrante, son determinados por los específicos materiales usados, la naturaleza de la parte bajo ensayo (esto es, tamaño, perfil, condición superficial, aleación) y expectativa de tipo de discontinuidades.*

5. - Importancia y Usos

5.1 Los métodos de examen por líquidos penetrantes indican la presencia, ubicación y, a una limitada extensión, la naturaleza y magnitud de las discontinuidades detectadas. Cada uno de los varios métodos ha sido designado para usos específicos tal como el servicio crítico de piezas, volumen de partes, transportabilidad o áreas localizadas de examen. De acuerdo con los requisitos del servicio dependerá la selección del método que se elija.

6. - Clasificación de Penetrantes y Métodos

6.1 Los métodos de examen por líquidos penetrantes y tipos están clasificados como se muestra en la Tabla 1.

6.2 El examen con penetrante fluorescente utiliza penetrantes que fluorescen intensamente cuando se excitan con luz ultravioleta (ver 8.9.1.2). La sensibilidad de los penetrantes fluorescentes depende de su habilidad para ser removidos por diversos tamaños de discontinuidades durante el procesamiento y luego sangrar en el recubrimiento de revelador y producir

indicaciones que fluorescerán. Las indicaciones fluorescentes son muchas veces más brillantes que las de alrededor cuando se observan bajo la iluminación de luz ultravioleta.

Tabla 1 Clasificación por Métodos de Examen y Tipos de penetrantes

Tipo I - Examen por Penetrante Fluorescente	
Método A- Lavable con Agua (ver Método de Ensayo E 1209)	
Método B- Post Emulsificable, Lipofílico (ver Método de Ensayo E 1208)	
Método C- Removible c/ Solvente (ver Método de Ensayo E 1219)	
Método D- Post Emulsificable Hidrofílico (ver Método de Ensayo E 1210)	
Tipo II - Examen por Penetrante Visible	
Método A- Lavable con Agua (ver Método de Ensayo E 1418)	
Método C- Removible c/ Solvente (ver Método de Ensayo E 1220)	

6.3 *El examen con penetrante visible usa un penetrante que puede ser visto con luz visible. El penetrante es normalmente rojo, de tal forma que las indicaciones producen un contraste bien definido contra el fondo blanco del revelador. El proceso de penetrante visible no necesita luz ultravioleta. Sin embargo las indicaciones con penetrante visible tienen que verse bajo adecuada iluminación visible (ver 8.9.2.1)*

7. - Tipos de Materiales

7.1 *Los materiales para examen por líquidos penetrantes (ver Notas 3 y 4) consisten en penetrantes fluorescentes y visibles, emulsificadores (base aceite y base agua), disolventes y reveladores. Una familia de de materiales para examen por líquidos penetrantes consiste en el penetrante aplicable y en el emulsificador o removedor, tal como recomienda el fabricante. No se recomienda el intercambio de de penetrantes y emulsificadores de varios fabricantes.*

Nota 3—Referida a 9.1 para requisitos especiales para contenidos de sulfuro, halógenos y ácidos metálicos.

Nota 4—Precaución: Mientras los materiales penetrantes aprobados no afectan adversamente a los materiales metálicos comunes, algunos plásticos y gomas se pueden hinchar o manchar con ciertos penetrantes.

7.2 Penetrantes:

7.2.1 *Los penetrantes post emulsificables están diseñados para ser insolubles en agua y no se pueden remover con el simple enjuague con agua. Ellos están diseñados para ser selectivamente removidos de la superficie usando un emulsificador separado. El emulsificador adecuadamente aplicado y con el tiempo de emulsificación adecuado, se combina con el exceso de penetrante superficial para formar una mezcla lavable con agua, la cual se puede lavar fácilmente, dejando la superficie libre de fondo fluorescente. El tiempo adecuado de emulsificación se debe establecer experimentalmente, y mantenido para asegurar que no ocurra la sobre-emulsificación, dando como resultado una pérdida de las indicaciones.*

7.2.2 *Los penetrantes lavables con agua están diseñados para ser directamente lavables con agua de la superficie de ensayo, después de un adecuado tiempo de penetración. A causa de que el emulsificador está directamente incorporado al penetrante lavable con agua, es extremadamente importante ejercitarse en la adecuada remoción del penetrante de la superficie para tener control del proceso y evitar que se produzca el sobrelavado. Los penetrantes lavables con agua se pueden barrer de las discontinuidades si*



el lavado es muy largo o muy vigoroso. Algunos penetrantes lavables con agua son menos resistentes al sobrelavado que otros.

7.2.3 *Los penetrantes removibles con disolvente* están diseñados de tal forma que la mayor parte del exceso de penetrante superficial se puede remover mediante trapeado. Las trazas remanentes se deben retirar con el solvente removedor (ver 8.6.4.1). Para minimizar la remoción del penetrante de las discontinuidades se tendrá cuidado de no usar demasiado solvente para remover el exceso de penetrante. Atomizar disolvente sobre la superficie para remover el exceso de penetrante *está prohibido*.

7.3 Emulsificadores:

7.3.1 *Los emulsificadores lipofílicos* son líquidos basados en aceite miscible usados para emulsificar el exceso de penetrante aceitoso de la superficie de ensayo, convirtiéndolo a lavable con agua. El periodo de difusión establece el tiempo de emulsificación. Ellos son indistintamente de acción rápida o lenta dependiendo de su viscosidad y composición química, y también de la rugosidad superficial de la superficie de ensayo (ver 8.6.2).

7.3.2 *Los emulsificadores hidrofílicos* son líquidos miscibles en agua usados para emulsificar el exceso de penetrante aceitoso fluorescente en la superficie de ensayo, convirtiéndolo en lavable con agua (ver 8.6.3). Estos emulsificadores de base agua (removedores de tipo detergentes) son suministrados como concentrados para diluir con agua y usar para sumergir o atomizar. La concentración, uso y mantenimiento estarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

7.3.2.1 *Los emulsificadores hidrofílicos* funcionan desplazando la película de penetrante de la superficie de ensayo mediante la acción detergente. La fuerza de la proyección de agua atomizada o la agitación aérea/mecánica en un tanque abierto facilita la acción limpiadora mientras el detergente desplaza la película de penetrante de la superficie de la pieza. El tiempo de emulsificación variará, dependiendo de su concentración, el cual se puede vigilar mediante el uso de un refractómetro adecuado.

7.4 *Los Solventes Removedores* funcionan disolviendo el penetrante, esto es posible frotando con un trapo y limpiando el penetrante de la superficie como se indica en 8.6.1.2 y 8.6.4.

7.5 *Reveladores* - El revelado de las indicaciones de penetrante es el proceso que permite al penetrante salir de las discontinuidades abiertas a la superficie a través de la acción de sangrado en el revelador aplicado, lo que incrementa la visibilidad de las indicaciones.

7.5.1 *Los reveladores secos* se usan tal como se proveen (esto es, el libre espolvoreado de polvo no-grumoso) de acuerdo con 8.8.2. Se tendrá la precaución de no contaminar el revelador con penetrante fluorescente, porque las motas de penetrante pueden aparecer como indicaciones.

7.5.2 *Los Reveladores Acuosa*s se suministran normalmente como polvo seco para ser, o bien suspendidas o disueltas (*solubles*) en agua. La concentración, mantenimiento y uso se hará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante (ver 8.8.3).

Nota 5 - Precaución: los reveladores acuosos pueden causar la disolución de las indicaciones si no está adecuadamente aplicado y controlado. El procedimiento estará calificado de acuerdo con 10.2.

7.5.3 Los Reveladores Húmedos no-Acuosaos se suministran como suspensiones de partículas de revelador en un vehículo de solvente no-acuoso listo para usar sin modificar. Los reveladores húmedos no-acuosos forman un recubrimiento en la superficie de la pieza cuando secan, lo cual, sirve como medio revelador (ver 8.8.4).

Nota 6 - Precaución: Este tipo de revelador está diseñado para ser usado solamente con atomizador.

7.5.4 La Película Líquida Reveladora está compuesta de soluciones o suspensiones coloidales de polímeros/resinas en un vehículo adecuado. Estos reveladores formaran un recubrimiento transparente o translucido en la superficie de la pieza. Ciertos tipos de película reveladora se pueden despegar de la superficie de la pieza y se pueden conservar con propósitos de registro (ver 8.8.5).

8. Procedimiento

8.1 Las siguientes directrices se aplicaran en el tratamiento de los métodos de examen con penetrantes tanto en fluorescentes como visibles (ver Figuras 1 - 3)

8.2 *Límites de temperatura* - La temperatura de los materiales penetrantes y la superficie de la pieza a ser procesada estará comprendida entre los 4° y 52° C (40° a 125° F). Donde no sea práctico cumplir con estos límites de temperatura, califíquese un procedimiento de acuerdo como se describe en 10.2 a la temperatura de uso pretendido, y, como se acordó entre las partes contratantes.

8.3 *Acondicionamiento de la Superficie Previo al Examen con Penetrantes* - Usualmente pueden obtenerse resultados satisfactorios en condiciones: tal como se soldó, tal como se laminó, tal como se fundió o tal como se forjó (o para cerámicos en las condiciones de densidad adecuadas). Los penetrantes mas sensibles son generalmente mas difíciles de remover y, son por lo tanto menos adecuados para superficies rugosas. Cuando sobre la superficie haya sólo elementos residuales sueltos, estos se pueden remover frotando con trapos limpios. Sin embargo, la pre-limpieza de los metales tendiente a remover residuos de procesado tales como aceite, grafito, escamas, materiales asistants, recubrimientos, y otros se deben hacer usando solventes, vapor desengrasante, o procesos de remoción química. Si la superficie a ser acondicionada ha sido tratada con percutores, arenado, proyección con vapor o granallado, seguirá un acondicionamiento superficial por amolado, maquinado, pulido o ataque químico para remover la superficie martillada (con recalque) y cuando haya la posibilidad de que las cavidades abiertas a la superficie se bloqueen permitiendo el enmascarado de discontinuidades no aceptables o que de otra forma interfieran con la efectividad del examen. En los metales, a menos que haya una contraindicación, se practicará un ataque químico cuando exista evidencia que previo a la limpieza, los tratamientos superficiales o el uso en servicio han producido una condición superficial que degrade la efectividad del examen con penetrantes. (ver A1.1.1.8 para precauciones).

Nota 7 - Cuando se acuerde entre comprador y proveedor se puede aplicar un *grit blasting* (arenado donde la arena se reemplaza por otro material) sin el subsiguiente ataque, como un aceptable método de limpieza.

Nota 8 - Precaución: el arenado y, o la proyección de otros polvos puede ocasionar el cierre de las discontinuidades y se tendrá extremo

poner, inundar, o atomizar. También cuando son pequeñas piezas, estas se meten en un canasto y este a su

vez se sumerge en un tanque con penetrante. Sobre grandes piezas, y con geometrías complejas, se pued

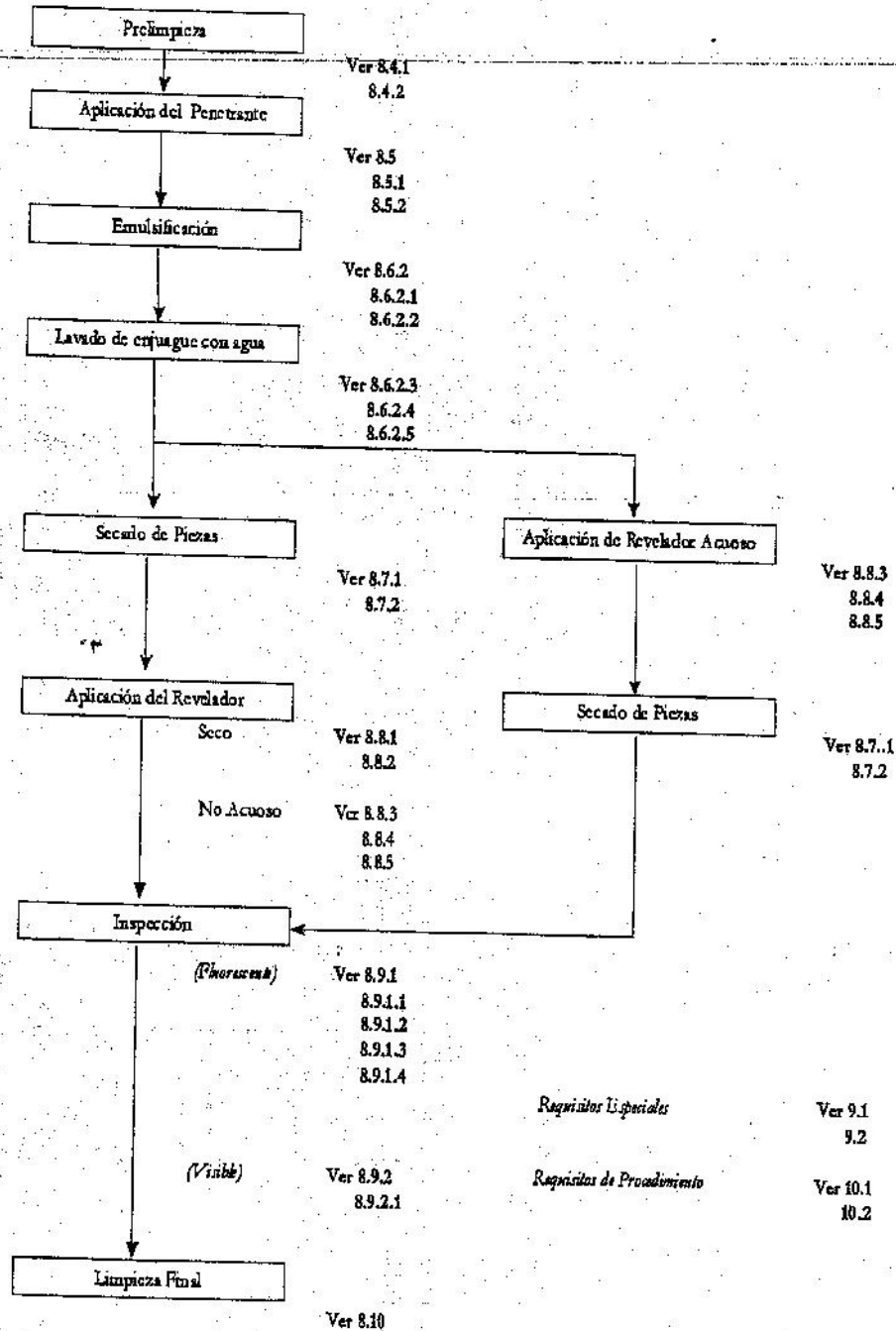


Figura 2 Procedimiento General, Diagrama de flujo para el Método Post-Emulsificable



LIMPIEZA PREVI	Alcali -no	Vapor	Vapor Des engrasante	Lavado con Solvente	Azaque Ácido
	Mecánico	Decapante de pintura	Ultrasóni co	Detergen te	
SECADO (Ver 8.4.2)					
		Secado			
APLICACIÓN del PENETRANTE (Ver 8.5)		Aplicación del Penetrante removible con Solvente Fluorescente			
REMOCIÓN DEL EXCESO					
PENETRANTE (Ver 8.6.4)		Trapo con Solvente			
SECADO (Ver 8.7)	Secado				
REVELADOR (Ver 8.8)		Húmedo No Acuoso o Película de revelador Líquido		Revelador Acuoso	
SECADO (Ver 8.7)					
EXAMEN Fluorescente (Ver 8.9.1)				Secado	
Visible (Ver 8.9.2)		Examen			
LIMPIEZA FINAL (Ver 8.10 y Anexo A1 en Limpieza Final)	Enjuague con Agua	Detergente	Lavado Mecánico		
	Desengrase con Vapor	Remojo en Solvente	Limpieza Ultrasónica		
					Piezas Salientes

Figura 3 Diagrama de Flujo del Procedimiento General de Examen con Penetrante Removible con Solvente (Método de Ensayo E 1219 para Fluorescente y E 1220 Para Luz Visible)

aplicar efectivamente el penetrante mediante pincel o atomizado. De ambas formas, con el método convencional o con pistolas atomizadoras electrostáticas, se tienen medios de aplicación efectiva del penetrante

sobre la superficie de las piezas. La aplicación por el atomizado electrostático puede minimizar la cantidad total de penetrante acumulado sobre la pieza minimizando la sobre-aplicación y minimizando la cantidad de



penetrante que entra a los agujeros pasantes que pueden servir como reservorios de penetrante y pueden producir severos problemas de sangrado durante el examen. Los

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempo de penetración ^A (Min)	
			Penetrante ^B	Revelador ^C
Aluminio, magnesio, acero, Bronce	Fundiciones y Soldaduras	Cicres en frío, Porosidad, Falta de fusión, Fisuras (Todas sus formas)	5	10
	Materiales Rugosos - Extensiones, Forjas, Chapas. (Todas sus formas)	Solapes, fisuras (Todas sus formas)	10	10
Herramientas de puntas carbonizadas		Falta de fusión, porosidad, fisuras.	5	10
Plásticos	Todas las formas	fisuras.	5	10
Vidrios	Todas las formas	fisuras.	5	10
Cerámicos	Todas las formas	fisuras.	5	10

Tabla 2 Tiempos de Penetración Mínimos Recomendados

A Para variaciones de temperatura de 10 a 52°C. Para temperaturas entre 4,4 y 10 °C se recomienda un tiempo de penetración de 20 minutos.

B Máximo tiempo de penetración de acuerdo con 8.5.2.

C El tiempo de revelado comienza tan pronto como cómo la película ha secado sobre la superficie de las piezas (mínimo recomendado). El mínimo tiempo de revelado se hará de acuerdo con 8.8.6.

aerosoles son convenientemente portátiles para aplicaciones locales.

8.5.2 Tiempo de Penetración - Permitir escurrir al penetrante luego de la aplicación (se tendrá cuidado para que no se formen charcos sobre las piezas) mientras transcurre el tiempo de penetración (ver Tabla 2). La cantidad de tiempo que el penetrante debe permanecer sobre la pieza para que haya una penetración adecuada será como lo proponga el fabricante del penetrante. La Tabla 2, sin embargo, nos da una guía para la selección de los tiempos de penetración para una variedad de materiales, formas y tipos de discontinuidad. A menos que se especifique otra cosa el tiempo de penetración no será mayor que el máximo que recomienda el fabricante.

Nota 11 - Precaución: No todos los materiales son adecuados para aplicación de atomización electrostática, de modo que se deben hacer pruebas previas a los ensayos.

Nota 12 - Cuidado: En aplicaciones con atomizadores, es importante que haya ventilación adecuada. En estos casos el sistema de atomizado debe estar complementado con sistema de ventilación adecuada.

Nota 13 - para algunas aplicaciones específicas en cerámicos estructurales (por ejemplo, detectando líneas de rotura en material desmoldado) el tiempo de penetración necesario se determinará experimentalmente y puede ser mayor que el mostrado en la tabla 1 y sus notas.

8.6 Remoción del Penetrante Superficial

8.6.1 Lavable con Agua:

8.6.1.1 Remoción del Exceso de Penetrante - Después del tiempo de penetración necesario, se tiene que remover el penetrante de la superficie de la pieza examinada con agua, normalmente es una operación de lavado. Que puede ser lavada por equipos atomizadores de agua automáticos o semi automáticos o por inmersión.

Para el enjuague de inmersión las piezas se sumergen completamente en agua con agitación aérea o mecánica. Se debe evitar la acumulación de agua en bolsillos o recovecos de la superficie. Si el paso final de enjuague no fuera efectivo, como lo evidenciaría la presencia de exceso penetrante residual superficial después del enjuague, seque (ver 8.7) limpie de nuevo, y entonces

aplique de nuevo el penetrante por el tiempo pre-establecido.

(a) Se debe mantener la temperatura del agua a un nivel relativamente constante dentro de los límites comprendidos entre 10° a 38 °C.

(b) La presión del agua atomizada para enjuague no superará los 280 kPa (2,8 k/cm²)

(c) El tiempo de enjuague no excederá los 120 s, a menos que se especifique otra cosa por parte de la especificación del material.

Nota 14 - Precaución: Evitar el sobrelavado. El lavado excesivo puede causar que se lave el penetrante de las discontinuidades. Con los métodos de penetrante fluorescente la operación de enjuague se debe implementar bajo luz UV de modo que se pueda ver como se va removiendo adecuadamente el penetrante.

8.6.1.2 Remoción por Fregado - En aplicaciones especiales el penetrante se puede remover de la superficie mediante el fregado con un material absorbente limpio levemente humedecido con agua hasta que el penetrante superficial sea removido, y, como el examen lo determine, bajo luz UV para fluorescente y con luz blanca para el método visible.

8.6.2 Emulsificación Lipofílica - Después de transcurrido el tiempo de penetración necesario, el penetrante superficial sobre la pieza se debe emulsificar por inmersión o inundado de la pieza con el emulsificador adecuado (el emulsificador se combina con el penetrante superficial y permite que este se remueva enjuagando con agua). Después de la aplicación del emulsificador la pieza se deja escurrir de forma que se prevenga la formación de charcos de emulsificador sobre la pieza.

8.6.2.2 El Tiempo de Emulsificación comienza tan pronto como este se aplica sobre la pieza. La cantidad de tiempo que se permite que el emulsificador permanezca sobre la pieza y en contacto con el penetrante depende del tipo de emulsificador empleado y de la condición de la superficie (suave o rugosa). El tiempo de emulsificación nominal será el recomendado por el fabricante. El tiempo actual de emulsificación será determinado experimentalmente para



cada aplicación específica. La terminación superficial (rugosidad) de una pieza es un factor significativo en la selección de , y en el tiempo de un emulsificador. El tiempo de contacto debe ser mantenido en el mínimo posible que sea consistente con un fondo aceptable y que no exceda el máximo especificado para la pieza o el material.

8.6.2.3 Post Enjuague - El post enjuague efectivo del penetrante emulsificado de la superficie se puede implementar usando indistintamente inmersión manual, semiautomática o automática o equipo atomizador o combinación de ambos.

8.6.2.4 Inmersión - Para la inmersión del post enjuague, las partes se sumergen totalmente en el baño de agua con agitación aérea o mecánica. El tiempo y la temperatura se deben mantener constantes.

(a) El máximo tiempo de inmersión no debe exceder los 120 s, a menos que se disponga otra cosa por la especificación de las piezas o el material.

(b) La temperatura del agua será relativamente constante y se mantendrá entre los límites de los 10 a 38 °C.

Precaución: puede ser necesario un toque de enjuague después de la inmersión.

8.6.2.5 Aspersión Post Enjuague - El post enjuague efectivo que sigue a la emulsificación se puede implementar indistintamente con aspersor de agua automático o manual para el enjuague de las piezas como sigue:

(a) Controlando la temperatura del agua del enjuague dentro de los límites de 10 a 38 °C.

(b) La presión del aspersor de agua de enjuague no debe superar los 275 kPa (2,75 k/cm²).

(c) El máximo tiempo de enjuague por aspersión no debe exceder los 120 s, a menos que se determine otra cosa por las especificaciones de las piezas o el material.

8.6.2.6 Eficiencia del Enjuague - Si la emulsificación y el paso de enjuague final no fuera efectivo como lo evidenciaría el excesivo penetrante superficial residual después de la emulsificación y el enjuague, secar (ver 8.7), limpiar de nuevo la pieza y reaplicar el penetrante.

8.6.3 Emulsificación Hidrofílica

8.6.3.1 Prelavado - Directamente después del necesario tiempo de penetración, se recomienda que las piezas se preenjuagen con agua antes de la emulsificación (8.6.3.3). Este paso permite la remoción del exceso de penetrante superficial de las piezas antes de la emulsificación de modo que minimiza el grado de contaminación al emulsificador hidrofílico por parte del penetrante extendiendo su vida útil. Además el preenjuague minimiza la polución aceitosa (que produciría la mayor cantidad de penetrante) en la etapa final de enjuague de este proceso. Esto estará complementado por la recolección del agua del prelavado en un tanque contenedor donde se puede separar el agua del penetrante.

8.6.3.2 Controlés del Preenjuague - el preenjuague efectivo se lleva a cabo con atomizador de enjuague manual o automático de las piezas como sigue:

(a) El agua estaría libre de contaminantes que podrían obstruir los picos o dejar residuos sobre las piezas.

(b) Se controlara que la temperatura del agua se mantenga dentro de los 10 a los 38 °C.

(c) El agua atomizada de enjuague estará a una presión de entre 175 a 275 kPa (1,75 a 2,75 k/cm²).

(d) El tiempo de de prelavado debe ser el mínimo posible (60 s nominal como máximo) para dejar un residuo consistente de penetrante sobre la superficie. El tiempo de lavado esta para aplicarse como lo propone la especificación de la pieza o el material.

(e) Se removerá el agua atrapada en cavidades o charcos de la superficie mediante la proyección de aire filtrado a una presión de 175 kPa (1,75 k) o mediante un dispositivo de succión.

8.6.3.3 Aplicación del Emulsificador - Después del necesario tiempo de penetración y a continuación del preenjuague, el penetrante superficial de las piezas debe emulsificarse mediante la inmersión de las piezas en el baño emulsificador hidrofílico (8.6.3.4) o por atomizado sobre la pieza con el emulsificador (8.6.3.5) transformando de este modo al penetrante superficial sobre la pieza en lavable con agua en la etapa de enjuague final (8.6.3.6).

8.6.3.4 Inmersión - Para las aplicaciones por inmersión, las piezas se sumergen completamente en el baño emulsificador. El emulsificador hidrofílico se agita profusamente durante el ciclo de contacto.

(a) La concentración del baño se hará como lo propone el fabricante. Para aplicaciones por inmersión es normal que la concentración sea del 20 %.

(b) La temperatura de los baños se mantendrá entre 10 y 38 °C.

(c) El tiempo de contacto por inmersión será el mínimo necesario para una remoción adecuada y no será superior a 2 minutos, a menos que se disponga otra cosa por la OIC.

8.6.3.5 Aplicación por Rociado (o aspersión) - Para aplicaciones por rociado que sigue al paso de prelavado, a las piezas se les aplica el emulsificador por rociado. Todas las superficies de las piezas deben ser total y uniformemente rociadas para emulsificar efectivamente el penetrante en todas las superficies y transformarlo en lavable con agua.

(a) La concentración del emulsificador para aplicaciones por rociado será de acuerdo con las recomendaciones del fabricante pero no debe exceder el 5 %.

(b) La temperatura se mantendrá estable entre lo 10 y los 38 °C.

(c) La presión máxima del aspersor no será mayor de 175 kPa (1,75 k) para el aire, y 275 kPa (2,75 k) para el agua.

(d) El tiempo de contacto se mantendrá al mínimo consistente con un fondo aceptable y no debe exceder los 120 s o el máximo estipulado por la especificación del material.

8.6.3.6 Postenjuague de las Piezas Emulsificadas con Hidrofílico - El postenjuague efectivo de las piezas del penetrante emulsificado de la superficie de las piezas puede implementarse usando equipo manual o automático de inmersión o de rociado o una combinación de ambos.

8.6.3.7 Postenjuague de Inmersión - Las piezas se deben sumergir completamente en agua con agitación aérea o mecánica.

(a) La temperatura del agua será relativamente constante entre los 10 y los 38 °C.

(b) El tiempo de inmersión no será mayor que 120 s a menos que se determine otra cosa por parte de la especificación del material.

Precaución: Puede ser necesario un toque de enjuague después de la inmersión.



8.6.3.8 *Postenjuague por Aspersión* - A continuación de las piezas emulsificadas puede seguir el enjuague por aspersión con agua como sigue:

- (a) Mantener estable la temperatura del agua entre los 10 y los 38 °C.
- (b) La presión del agua de aspersión no debe superar los 275 kPa (2,75 k).
- (c) El tiempo máximo de aspersión no será mayor que 120 s a menos que se establezca otra cosa por parte de las piezas o el material.

8.6.3.9 Si la emulsificación y el paso de enjuague final no fueran efectivos como lo evidenciara el exceso de penetrante residual superficial después de la emulsificación y el enjuague, secar (ver 8.7), limpiar de nuevo la superficie de las piezas y reaplicar el penetrante por el tiempo preestablecido.

8.6.4 *Penetrantes Removibles con Solvente*

8.6.4.1 *Remoción del Penetrante Superficial* -

Después del necesario tiempo de penetración, el penetrante superficial será removido tan pronto como sea posible, mediante el uso de paños secos, de material absorbente, libres de pelusa, con los que se frotará la superficie hasta que se haya removido la mayor parte de trazas de penetrante. Entonces usando un paño libre de pelusa levemente humedecido en solvente se removerán cuidadosamente los trazos restantes para evitar remover penetrante de las discontinuidades. Evitar el uso de demasiado solvente. Si el paso de fregado no fuese efectivo como lo evidenciara la dificultad para remover el penetrante superficial, seque la pieza (ver 8.7), y reaplique penetrante por el tiempo preestablecido. Salpicar la superficie con solvente después de aplicar el penetrante y antes de aplicar el revelador *está prohibido*.

8.7 *Secado* - Es necesario el secado de la superficie de las piezas antes de aplicar revelador húmedo no acuoso o después de aplicar revelador acuoso. El tiempo de secado variará con el tamaño, naturaleza, y número de las piezas bajo examen.

8.7.1 *Variabes de Secado* - Las piezas se secarán con aire a temperatura ambiente o en un horno de secado. Las temperaturas de los hornos no serán mayores a 71 °C. El tiempo de secado será solo el necesario para secar adecuadamente la superficie de las piezas. Las piezas se retirarán del horno en cuanto se secó la superficie. Las piezas no se meterán al horno con charcos de agua o soluciones/suspensiones acuosas.

8.7.2 *Tiempos Límite de Secado* - No permita que las piezas permanezcan en el horno de secado por mas tiempo del necesario para secar la superficie. Los tiempos mayores a 30 minutos pueden dañar la sensibilidad del ensayo.

8.8 *Aplicación del Revelador*

8.8.1 *Modos de Aplicación* - Hay varias formas de aplicación efectiva de de varios tipos de revelador tales como espolvoreo, inmersión, inundado o atomizado. El tamaño, geometría, condición superficial, número de piezas a ser procesadas, y demás, influirán en la selección de la forma de aplicar el revelador.

8.8.2 *Revelador de Polvo Seco* - Los reveladores de polvo seco se deben aplicar inmediatamente después del secado, de tal forma que cubra con seguridad la totalidad de la pieza. Las piezas se deben meter en un contenedor de polvo de revelador seco o en una cama fluida de

revelador seco. Las piezas también pueden ser espolvoreadas con el polvo revelador con un bulbo de mano o con una pistola de polvo convencional o una electrostática. Es común y efectivo aplicar el polvo seco en una cámara de polvo cerrada, lo que crea una efectiva y controlada en nube de polvo. También se pueden usar otros métodos, siempre y cuando el revelador sea

uniformemente desparramado sobre la entera superficie de las piezas que están siendo examinadas. El exceso de polvo se puede remover sacudiendo o dando pequeños golpecitos sobre las, o con las piezas, o soplando aire comprimido limpio a baja presión a 34 kPa (0,34 k) sobre la superficie de las piezas.

Nota 15 - Precaución: La intensidad de la corriente se debe determinar experimentalmente con cada aplicación.

8.8.3 *Reveladores Acuosos* - Los reveladores acuosos solubles no se podrán usar con los penetrantes tipo 2 o tipo 1 del Método A. Los reveladores acuosos se deben aplicar a la pieza inmediatamente después que se removió el penetrante superficial y antes del secado. Los reveladores acuosos se deben preparar y mantener de acuerdo con las instrucciones del fabricante y aplicados de forma tal que asegure la cobertura total y uniforme de la superficie a examinar. Los reveladores acuosos se pueden aplicar por atomizado (ver Nota 16), inundado o inmersión de la pieza. Es muy común sumergir las piezas en un baño de revelador preparado. Sumergir las piezas solo lo necesario para cubrir la superficie de las piezas con el revelador (ver Nota 17). Entonces retire las piezas del baño y permítale escurrir. Haga escurrir el exceso de revelador atrapado en todos los recovecos y cavidades de la superficie que luego puedan enmascarar discontinuidades. Seque las piezas de acuerdo con 8.7. El revelador queda sobre la superficie como una película de color blanco o translúcido.

Nota 16 - Precaución: el atomizado no está recomendado en los casos que la superficie queda goteada.

Nota 17 - Precaución: Si las piezas permanecen en el baño mucho tiempo las discontinuidades se pueden disolver.

8.8.4 *Reveladores húmedos No Acuosos* - Después que el penetrante superficial se ha removido y la superficie se ha secado atomizar sobre la superficie de la pieza hasta que se cubra totalmente con una película fina y uniforme. Los tipos de vehículo que usan estos reveladores evaporan rápidamente (de la superficie) a temperatura ambiente y no necesita, por lo tanto, el uso de secador. La inmersión o inundado de las piezas en los reveladores no acuosos esta prohibido, desde que estos pueden diluir o disolver el penetrante de las discontinuidades a causa de la acción disolvente de estos reveladores.

Nota 18 - Cuidado: Los vehículos con base en solventes volátiles del revelador producen vapores que pueden ser dañinos para la salud. Se debe facilitar para estas actividades una ventilación adecuada en todos los casos, especialmente cuando la superficie a examinar se halla en ambientes cerrados como tambores de proceso o pequeños tanques de almacenamiento.

8.8.5 *Reveladores de Película Líquida* - aplicar por atomizado como lo recomienda el fabricante. Atomizar



sobre las piezas de modo tal que asegure la total cobertura del área a ser examinada con una fina y uniforme película de revelador.

8.8.6 Tiempo de Revelado - La cantidad de tiempo que el revelador debe permanecer sobre la pieza antes de la examinación no será inferior a 10 minutos. El tiempo de revelado comienza inmediatamente después que se aplicó el revelador de polvo seco y tan pronto como la película de revelador húmedo (acuoso /no acuoso) se secó (esto es, el vehículo de solvente ha evaporado hasta secar). Los máximos tiempos de revelado permitidos serán de 4 hs para polvo seco, de 2hs para revelador acuoso y de 1h para no acuoso.

8.9 Examen - Ejecute el examen de las piezas después que ha transcurrido el tiempo de revelado como lo específica en 8.8.6 para permitir el sangrado del penetrante de las discontinuidades dentro del recubrimiento de revelador. Es una buena práctica observar el sangrado mientras se aplica el revelador como una ayuda en la interpretación y evaluación de las indicaciones.

8.9.1 Luz Para Examen Fluorescente

8.9.1.1 Nivel de Luz Visible Ambiente - Examinar las indicaciones de penetrante fluorescente bajo luz UV en un área oscurecida. La luz visible ambiente no debe superar los 20 Lux. La medición se efectuará con un fotómetro adecuado para medir la intensidad de la luz sobre la superficie a ser examinada.

8.9.1.2 Control del nivel de luz UV - La luz UV dará una intensidad mínima de 1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ sobre la superficie de examen. La longitud de onda UV estará entre los 320 a 380 nm. La intensidad será comprobada semanalmente para asegurar una potencia adecuada. Los reflectores y filtros se revisaran diariamente para asegurar su limpieza e integridad. Los filtros UV rajados o rotos se reemplazarán de inmediato. Los bulbos defectuosos que irradian energía UV, se reemplazarán antes de un uso posterior. Desde que una baja en la tensión de línea puede causar una baja de la potencia de las lámparas con la consecuente inconsistencia en el rendimiento, se tendrá que usar un transformador de voltaje constante cuando haya evidencia de fluctuación en la línea.

Precaución: ciertas lámparas de alta intensidad UV pueden emitir cantidades inaceptables de luz visible, que pueden hacer desaparecer indicaciones fluorescentes. Se tendrá cuidado de usar sólo bulbos certificados por el proveedor de ser adecuados para tal propósito de examen.

Nota 19 - La mínima intensidad recomendada en 8.9.1.2 está orientada al uso general. Pueden ser necesarios mayores niveles de intensidad para aplicaciones críticas.

8.9.1.3 Pre calentamiento de las Lámparas de Luz UV - Permitir que la lámpara de luz UV se precaliente por lo menos 10 minutos antes del uso o medición de la intensidad de luz UV emitida.

8.9.1.4 Adaptación Visual - El examinador permanecerá en el área oscurecida por lo menos 1 minuto antes de examinar las piezas. Pueden ser necesarios tiempos mayores bajo ciertas circunstancias.

Nota 20 - Precaución: No podrán usarse lentes fotométricos durante el examen.

8.9.2 Examen con Luz Visible:

8.9.2.1 Nivel de Luz Visible - Las indicaciones con penetrante visible se pueden examinar con luz artificial o natural. Hace falta iluminación adecuada para asegurar que no haya pérdida de sensibilidad durante el examen. Se recomienda una intensidad mínima durante el examen de 1000 Lux.

8.9.3 Control del Entorno - Mantener el entorno libre de desechos contaminantes, incluyendo objetos fluorescentes: - Practicar un buen control del entorno en todo momento.

8.9.4 Evaluación - A menos que se acuerde otra cosa, es una práctica normal que interpretar y evaluar discontinuidades esté basado en el tamaño de las indicaciones (ver referencias fotográficas E 433).

8.10 Post limpieza - La post limpieza es necesaria en aquellos casos donde el penetrante residual y el revelador pueden interferir con los procesos subsiguientes o con los requisitos de servicio de las piezas. Es particularmente importante donde los materiales del penetrante residual del examen se podrían combinar con otros factores y materiales y producir corrosión. Una técnica apropiada como un simple enjuague con agua, aspersión con agua, lavado a máquina, desengrase con vapor, enjuague con solvente, o limpieza ultrasónica pueden emplearse en forma efectiva (ver Anexo sobre post limpieza). Si el revelador es necesario removido, se recomienda que se haga tan pronto como se termine con el examen para que este no se fije a la pieza.

Nota 21 - Precaución: el revelador se debe remover antes de aplicar vapor desengrasante. El desengrase con vapor puede endurecer el revelador sobre la superficie.

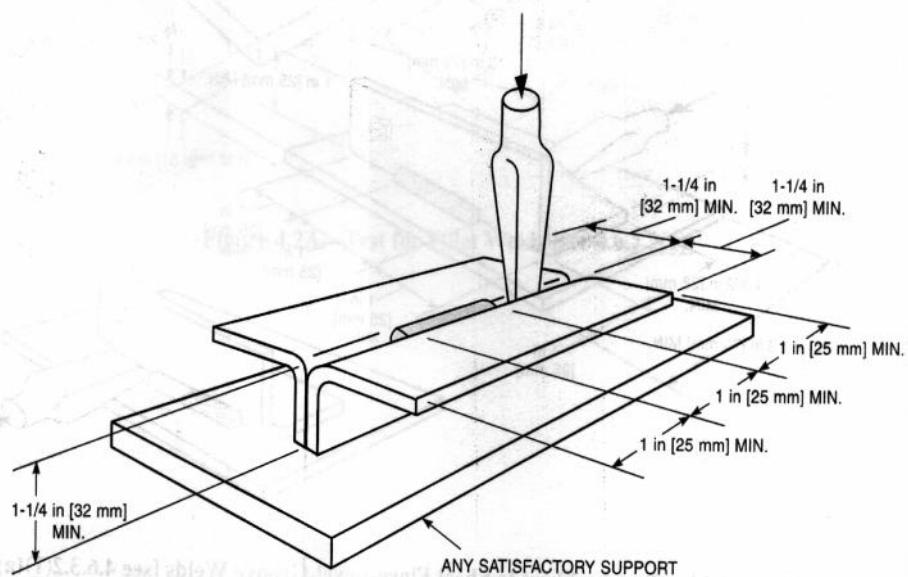
9 Requisitos Especiales

9.1 Impurezas:

9.1.1 Cuando se usa materiales penetrantes sobre aceros inoxidables austeníticos, titanio, base níquel y otras aleaciones de alta temperatura, la necesidad de restringir impurezas como halógenos, sulfuros y otros materiales alcalinos debe ser considerada. Estas impurezas pueden causar fragilización y o corrosión, particularmente a altas temperaturas. Cualquier evaluación en este sentido debe también contemplar la forma en la cual estas impurezas están presentes. Algunos materiales penetrantes contienen cantidades significativas de estas impurezas en la forma de solventes orgánicos volátiles. Estos normalmente evaporan rápidamente y normalmente no causan problemas. Otros materiales pueden contener impurezas que no sean volátiles y pueden reaccionar con los materiales de las piezas, particularmente en presencia de humedad o altas temperaturas.

9.1.2 A causa de que los solventes volátiles dejan la superficie rápidamente sin reaccionar en condiciones normales de ensayo, los materiales penetrantes están sujetos a un procedimiento de evaporación para remover los solventes antes de que los materiales sean analizados por impurezas. El residuo de este procedimiento se analiza con el Método de Ensayo D 129, Método de Ensayo D 1552, o Método de Ensayo D 129 descomposición seguida de por el Método de Ensayo D 516, Método B (Método turbidimétrico) para sulfuro. El residuo puede ser también analizado por el Método de Ensayo D 808 o Anexo A 2, sobre Métodos para medir el Contenido Total de Cloro en materiales combustibles de

Anexo H: Extracto de la Norma AWS D1,3/2008.



AWS D1.3/D1.3M:2008

6. Inspection

Part A Acceptance Criteria

6.1 Production Weld Acceptance Criteria

6.1.1 Visual Inspection. A weld shall be acceptable by visual inspection, provided the following criteria are met:

6.1.1.1 No Cracks. The weld shall have no cracks.

6.1.1.2 Weld/Base-Metal Fusion. There shall be no evidence of lack of fusion at the toes of weld passes.

6.1.1.3 Minimum Reinforcement. The weld shall have minimum reinforcement of 1/32 in [1 mm] for all square groove, arc spot, and arc seam welds.

6.1.1.4 Undercut. The cumulative length of undercut shall be no longer than $L/8$, where L is the specified length of the weld or in the case of arc spot welds, the circumference, provided fusion exists between the weld metal and the base metal. Depth of undercut is not a subject of inspection and need not be measured. Melt-through that results in a hole is unacceptable.

6.1.1.5 Fillet Weld Face. Faces of fillet welds shall be flat or slightly convex.

6.1.1.6 Contract Document Conformance. Location, size, and length of weld shall be in conformance with drawings or other contract document requirements.

Part B Contractor's Responsibility

6.2 Inspection of WPS and Welder Qualifications

6.2.1 The Inspector shall ascertain that in performing work to this code, only qualified or prequalified WPSs are used, and all welders are qualified.

6.2.2 WPSs previously qualified or prequalified by the manufacturer or contractor may be used, if approved by the Engineer. However, if the Engineer does not accept such evidence, the contractor shall qualify the WPSs in conformance with this code. The contractor's weld tests shall be successfully completed before any permanent welding is done on the contract.

6.3 Inspection of Work

6.3.1 Requests. At any time, and specifically while arc spot welds or arc seam welds are being made, the Inspector may request that the melting rate of the electrodes, wire feed speed, or welding current be compared with that established in the WPS qualification test. If these melting rates are 5% or more below those specified, new welds using the correct current shall be made adjacent to those welds made with the inadequate current.

6.3.2 Work Quality. When the quality of a welder's work is judged by the Inspector to be below the requirements of this specification, requalification of the welder may be required.

Anexo I: Extracto de la Norma INEN 109:2009



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 109:2009
Primera revisión

**ENSAYO DE TRACCION PARA MATERIALES METALICOS A
TEMPERATURA AMBIENTE.**

Primera Edición

TRACTION TEST FOR METALLIC MATERIALS TO AMBIENT TEMPERATURE.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión
probetas

MC 01.02-301
CDU: 669.14.620.17
CIIU: 3710
ICS: 77.040.10

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE	NTE INEN 109:2009 Primera revisión 2009-03
--------------------------------------	--	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.

2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.

3.1.2 *Longitud calibrada inicial (L₀)*. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.

3.1.2.1 *Longitud calibrada final (L_f)*. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)

3.1.3 *Longitud paralela (L_p)*. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).

3.1.4 *Elongación*. Incremento de la longitud calibrada inicial (L₀) en cualquier instante del ensayo.

3.1.4.1 *Porcentaje de elongación*. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

3.1.4.2 *Porcentaje de elongación permanente*. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀) (ver nota 1).

3.1.4.3 *Porcentaje de elongación después de la rotura (A)*. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L_u - L₀) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no maquinadas.

NOTA 2. En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de $5,65 \sqrt{S_0}^{-1}$ en donde S₀ es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:

A_{11,3} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de $11,3 \sqrt{S_0}$

En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:

A_{80 mm} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de 80 mm.

$$1,5,65 \sqrt{S_0} = S_0 \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}$$

(Continúa)

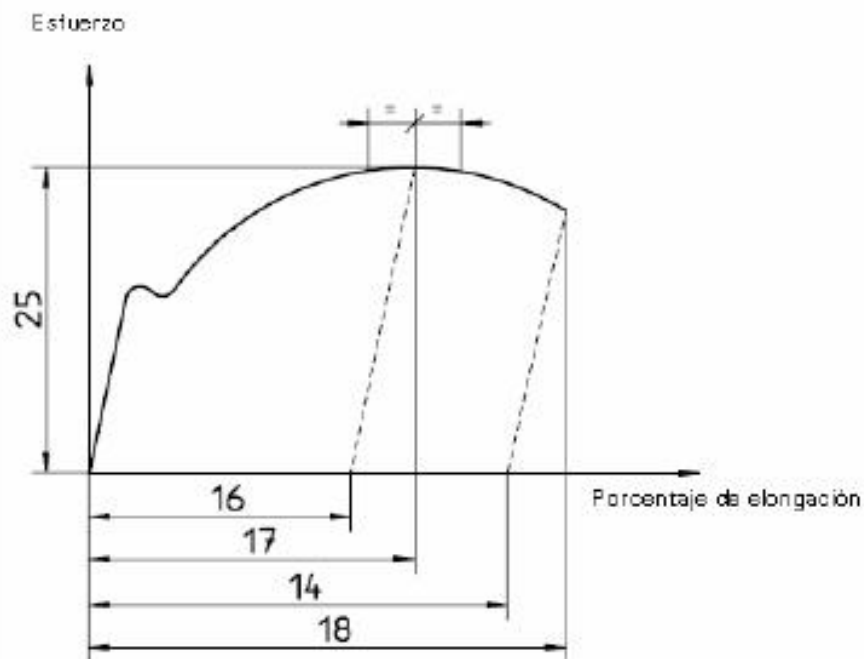
DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

3.1.4.4 *Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t)*. Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).

3.1.4.5 *Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo*. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima ($A_{p\sigma}$) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima ($A_{p\sigma}$) (ver figura 1).

FIGURA 1. Definiciones de elongación (ver nota 3)



3.1.5 *Longitud calibrada del extensómetro (L_e)*. Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

3.1.5.1 Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \geq \frac{L_0}{2}$$

3.1.5.2 Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima, L_e será aproximadamente igual a L_0 .

3.1.6 *Extensión*. Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

3.1.6.1 *Porcentaje permanente de extensión*. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).

3.1.8 Carga máxima (F_m): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

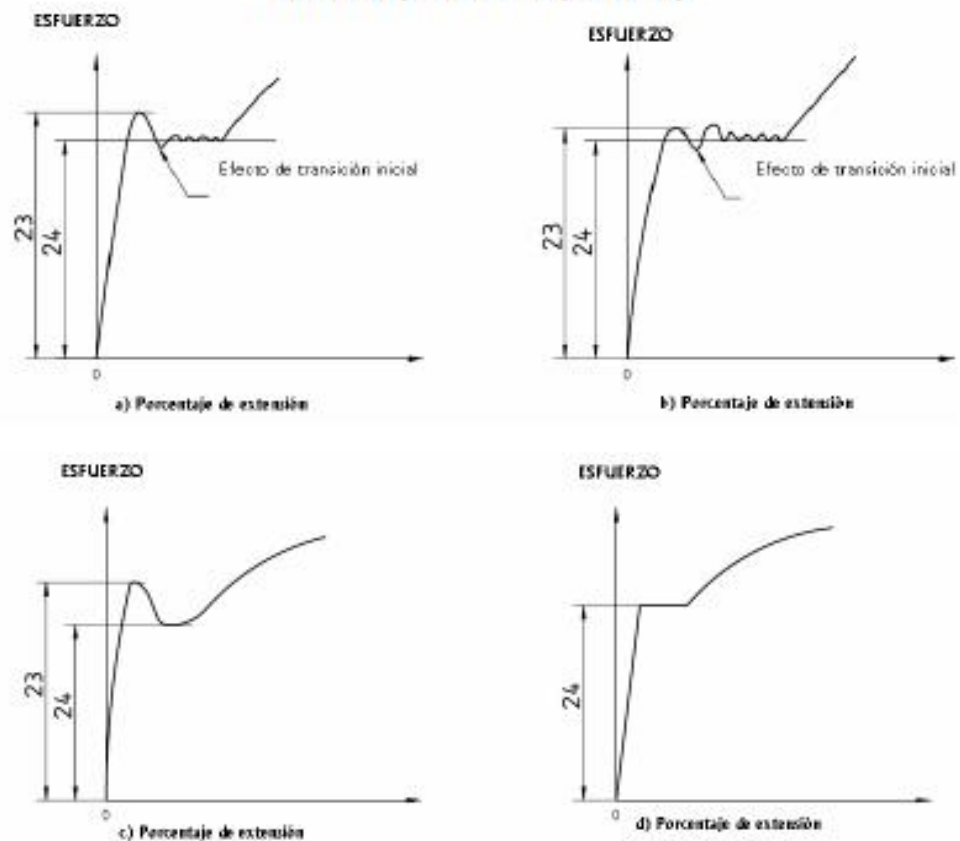
3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior (R_{eH}).** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)



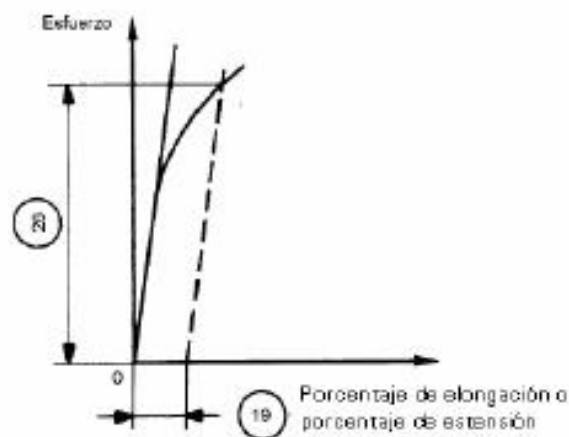
NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior (R_{eL})*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 *Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p)*: El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo $R_{p0,2}$

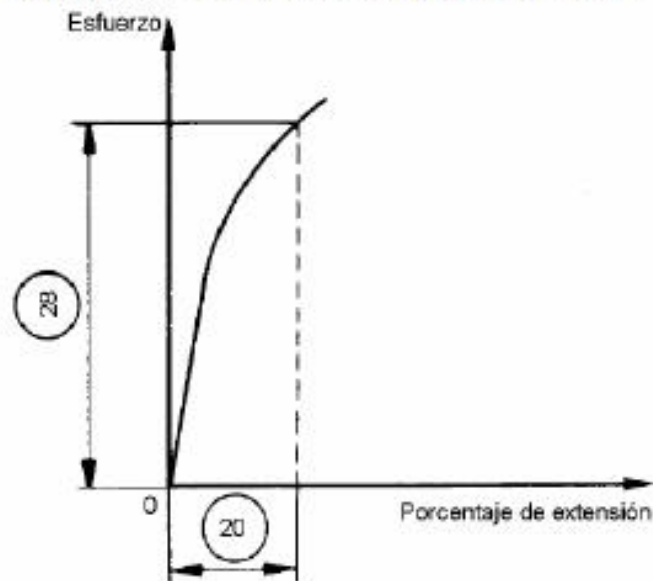
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional (R_p) (ver nota 5)



NOTA 5. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 *Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t)*: El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo: $R_{t0,5}$

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total (R_t) (ver nota 6)

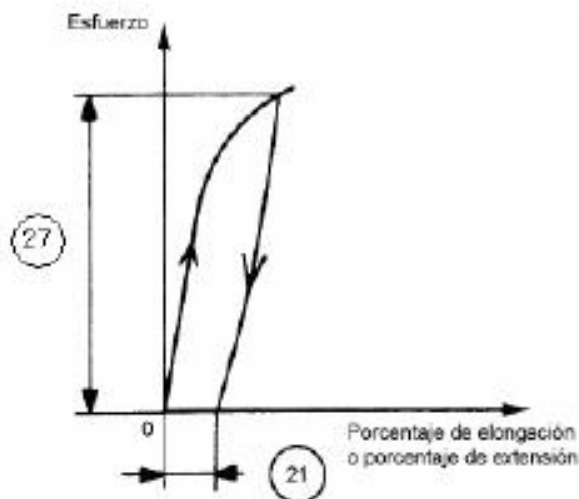


NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

3.1.9.5 *Esfuerzo a la deformación permanente (R_p)*: Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_0), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e), por ejemplo $R_{p0,2}$

FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente (R_p) (ver nota 7)



4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. Símbolos y designaciones.

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
1	a^2	mm	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	b	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	d	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	D	mm	Diámetro externo de un tubo
5	L_0	mm	Longitud calibrada inicial
-	L_0'	mm	Longitud calibrada inicial para determinar A_g
6	L_e	mm	Longitud paralela
-	L_e'	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	L_t	mm	Longitud total de la probeta
8	L_u	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	L_u'	mm	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar A_g (Ver anexo H)

NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
9	S_0	mm ²	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	k		Coefficiente de proporcionalidad
11	Z	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
Elongación			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_0$
14	$A^{2)}$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$
15	A_e	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	ΔL_m	mm	Extensión a la carga máxima
16	A_g	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima (F_m)
17	A_{gt}	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima (F_m)
18	A_r	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total. (Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
Carga			
22	F_m	N	Carga Máxima
Limite de fluencia – Esfuerzo de prueba – Resistencia a la Tracción			
23	R_{eH}	MPa	Limite de fluencia superior ³⁾
24	R_{eL}	MPa	Limite de fluencia inferior
25	R_m	MPa	Resistencia a la tracción
26	R_p	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	R_r	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	R_T	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	E	MPa	Módulo de elasticidad
¹⁾ Ver figuras de la 1 a la 13 ²⁾ El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar. ³⁾ Ver 3.1.4.3 ⁴⁾ 1 N/mm ² = 1 MPa			

5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 Máquina para ensayo de tracción.

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 *Características de la máquina.*

- a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.
- b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.
- c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.
- d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k\sqrt{S_0}$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 *Probetas maquinadas.*

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

(Continúa)

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada (L_0).

6.1.3 Probetas no maquinadas.

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_0).

6.2 Tipos de probetas. Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos A-D de acuerdo con la forma y tipo del producto, como se indica en la tabla 2. Se pueden especificar otros tipos de probetas según las normas de producto.

TABLA 2. Tipos de producto

Tipo de producto		Anexos correspondientes
Láminas - Planos  Espesor "e" en mm	Alambres - Barras - Secciones  Diámetro o lado en mm	
0,1 ≤ e < 3	—	A
—	< 4	B
≥ 3	≥ 4	C
Tubos		D

6.3 Preparación de probetas para ensayo. Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0). El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta. Esta se indica en los anexos A - D para los diferentes tipos de probetas.

6.5 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_0)

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indentaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de $\pm 1\%$. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

(Continúa)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (R_{eH}). Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Relación de aplicación de esfuerzos

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	min	máx
< 150000	2	20
≥ 150000	6	60

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (R_{eL})

a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia.

b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla 3.

7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (R_{eH} y R_{eL}). Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_f). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (R_m)

7.1.2.1 En el rango plástico. La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico. Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

(Continúa)

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura ($L_f - L_0$) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_0). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L_0). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_0 en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (ΔL_m)

NOTA 8. Si la norma del producto especifica la determinación del porcentaje de elongación después de la rotura para una longitud dada, la longitud calibrada del extensómetro debe ser igual a esa longitud.

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana (ver figura 1).

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.4 El porcentaje total de elongación al aplicar una fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Agr = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100$$

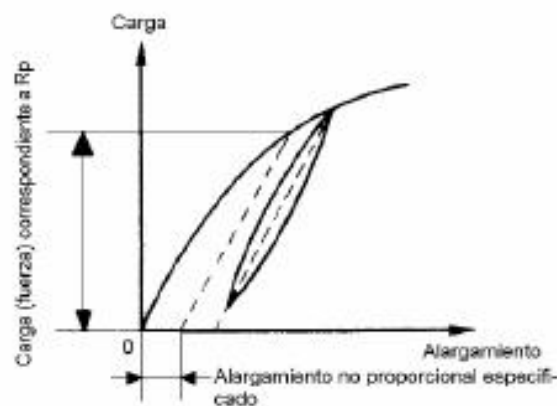
7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una máquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea intersecta a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta de ensayo (S_0) (ver figura 6).

FIGURA 6. Esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p) (ver numeral 7.5.1) (ver nota 9)



7.5.2 Es esencial la exactitud del trazado del diagrama fuerza/extensión.

7.5.3 Si la parte recta del diagrama fuerza/extensión no está claramente definida, para eso se prevé un trazado de la línea paralela con suficiente precisión, se recomienda el siguiente procedimiento (ver figura 6).

NOTA 9. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 4).

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_p).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una exactitud de $\pm 2\%$ (vea anexos A y D). La diferencia entre el área (S_u) y el área transversal de la sección inicial (S_0) expresada en porcentaje del área inicial, indica reducción del porcentaje de área.

7.9 Exactitud de los resultados.

7.9.1 La exactitud de resultados depende de varios parámetros que pueden separarse en dos categorías:

- los parámetros metrológicos como clase de máquina, extensómetro y la exactitud de las dimensiones de la probeta;
- los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza de material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.

7.9.2 En la ausencia de datos suficientes sino es posible de todos los materiales, en ese instante fijar los valores de exactitud para las diferentes propiedades medidas en el ensayo de tracción.

7.9.3 Anexo J provee una guía para la determinación de incertidumbre relacionada a los parámetros metrológicos.

(Continúa)

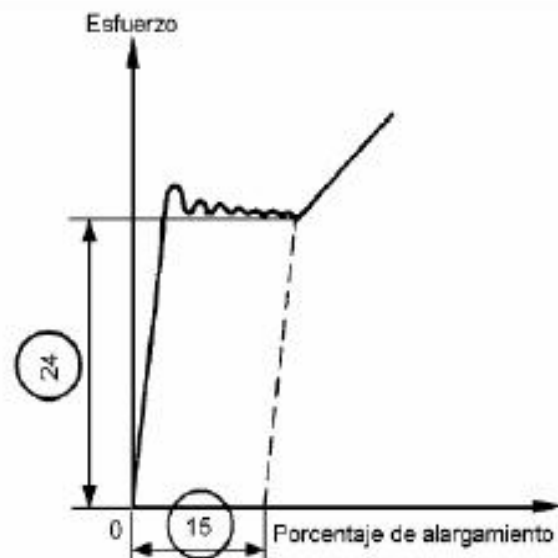
7.9.4 Anexo K provee valores obtenidos de los ensayos interlaboratorios de un grupo de aleaciones de aceros y de aluminio.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe de resultados debe contener, como mínimo, la siguiente información:

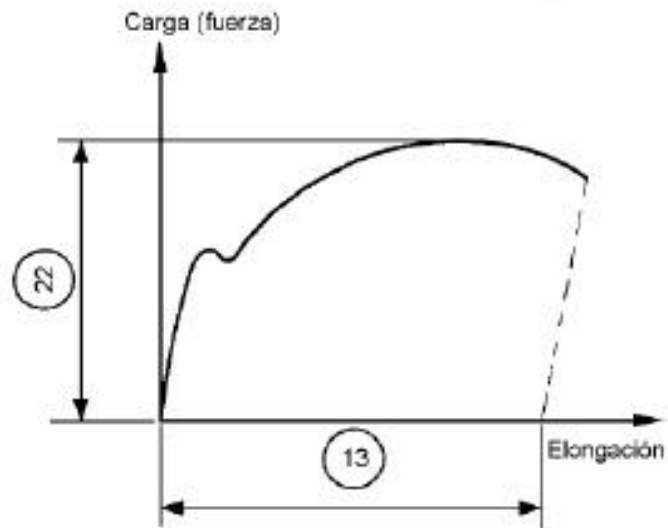
- Referencia a ésta NTE INEN 109
- Identificación de la probeta
- Naturaleza del material, si se conoce
- Tipo de probeta
- Localización y dirección del muestreo de las probetas
- Propiedades medidas y resultados.

FIGURA 7. Porcentaje de extensión en el punto de fluencia (A_f)



NOTA 10. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

FIGURA 8. Fuerza máxima (F_m)

NOTA 11. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO A
(Normativo)

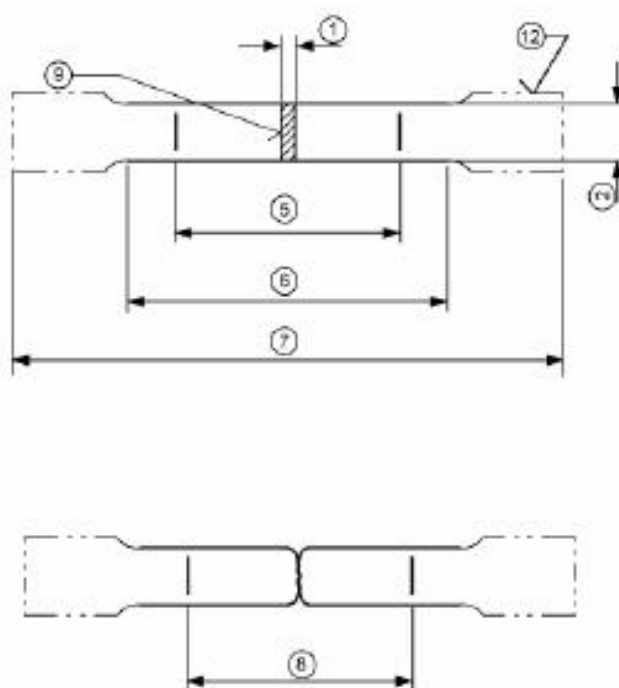
TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR

A.1 Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

A.1.1 Forma de la probeta

A.1.1 Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela (L_0) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

FIGURA 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



A.1.2 Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

A.2 Dimensiones de la probeta

A.2.1 Probetas no proporcionales

A.2.1.1 La longitud paralela no debe ser inferior de $L_0 + \frac{b}{2}$

A.2.1.2 En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de $L_0 + 2b$ a menos que el material sea insuficiente.

A.2.1.3 En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial (L_0) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a $L_0 + 3b$.

(Continúa)

A.2.1.4 Existen dos tipos de probetas no proporcionales cuyas dimensiones se establecen en la tabla A.1.

TABLA A.1 Dimensiones de las probetas (mm)

Tipo de probeta	Ancho b	Longitud calibrada inicial L_0	Longitud paralela L_c	Mínima longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos
1	12,5 ±1	50	75	87,5
2	20 ±1	80	120	140

A.2.1.5 Cuando se determinan las dimensiones de las probetas, se aplican las tolerancias dadas en la tabla A.2.

TABLA A.2 Tolerancias en el ancho de la probeta (mm)

Ancho nominal de la probeta	Tolerancias de maquinado ¹⁾	Tolerancias de forma ²⁾
12,5	± 0,09	± 0,043
20	± 0,105	± 0,052

¹⁾ Tolerancias JS 12. Estas tolerancias están en concordancia con la ISO 286-2, son aplicables si el valor nominal del área transversal (S_0), se incluye en el cálculo sin necesidad de medir su valor.

²⁾ Tolerancias IT 9. (Ver ISO 286-2). Máxima desviación entre la medida del ancho a lo largo de toda la longitud paralela (L_c) de la probeta.

A.2.1.6 En el caso en que las probetas sean del mismo ancho del producto, el área inicial de la sección transversal (S_0) se debe calcular en base de las dimensiones medidas de la probeta.

A.2.1.7 Se puede tomar como ancho nominal de la probeta el que resulte del maquinado con sus tolerancias, siempre y cuando cumpla las tolerancias de forma que se dan en la tabla A.2, con el fin de tener la medida del ancho de la probeta para efectos del ensayo.

A.3 Preparación de las probetas

A.3.1 Las probetas se deben preparar de tal manera, que no afecten las propiedades del metal. Si algunas áreas se han endurecido por efectos de corte o prensado, se deben eliminar por maquinado.

A.3.2 Para materiales muy delgados, se recomienda que las piezas del mismo ancho se corten ensambladas formando un paquete con separadores intermedios de papel que sea resistente al aceite de corte. Se recomienda que cada paquete se ensamble con sujetadores a cada lado antes del maquinado para darle las dimensiones finales a las probetas.

A.3.3 El valor dado en A.2, por ejemplo ±0,09 mm para un ancho nominal de 12,5 mm significa que ninguna probeta debe tener un ancho fuera de los dos valores dados abajo, si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) es incluido sin tener que medirlo:

$$12,5 + 0,09 = 12,59 \text{ mm}$$

$$12,5 - 0,09 = 12,41 \text{ mm}$$

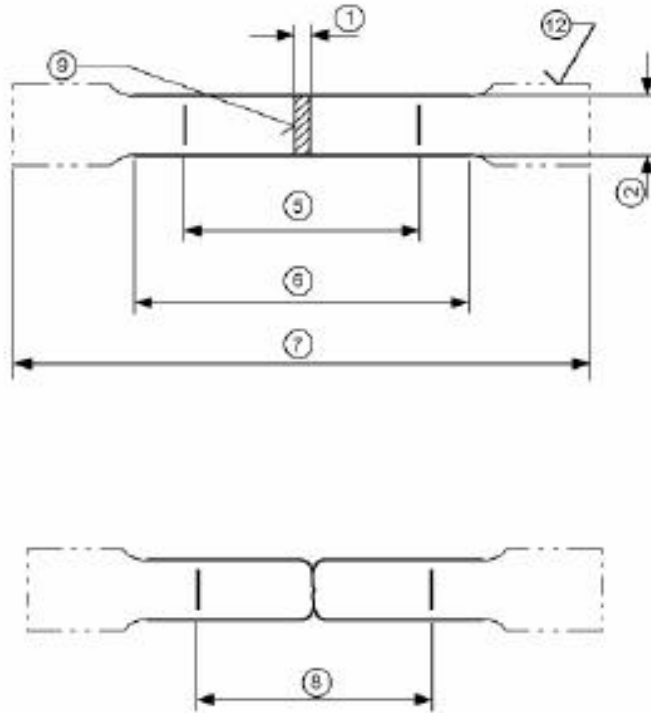
A.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0)

A.4.1 El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones de la probeta.

(Continúa)

A.4.2 El error en la determinación del área de la sección transversal inicial de la probeta no debe ser mayor de $\pm 2\%$. La mayor parte de este error, generalmente se debe a la medición de los espesores de la probeta, el error en la medición del ancho no debe ser mayor de $\pm 0.2\%$.

Figura 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular



NOTA A.1: La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.
 NOTA A.2: Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

(Continúa)