

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS:

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE EMPALMES SOLDADOS DEL
ACERO DE REFUERZO ASTM A615 GRADO 60, PARA CONCRETO
REFORZADO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. BARRETO VEGA, ERLIN SMITH

ASESOR:

MSc. ING. ARIAS ENRIQUEZ, FERNANDO MIGUEL

HUARAZ-ANCASH-PERÚ

2022





**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	294

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 290

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 21 día (s) del mes de MARZO del DOS MIL VEINTITRES, siendo las 10:00 horas, se reunieron el Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Ing. FELISMERO SALINAS FERNANDEZ
 PRIMER MIEMBRO : Ing. JORGE LUIS VARGAS GARCÍA
 SEGUNDO MIEMBRO : Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

ERLIN SMITH BARRETO VEGA

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE EMPALMES SOLDADOS DEL ACERO DE REFUERZO ASTM A615 GRADOS 60 PARA CONCRETO REFORZADO".

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Ing. FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ
 CO - ASESOR : _____

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y, aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

APROBADO

Siendo las 10:40 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
 Ing. FELISMERO SALINAS FERNÁNDEZ

PRIMER MIEMBRO
 Ing. JORGE LUIS VARGAS GARCÍA

SEGUNDO MIEMBRO
 Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO

ASESOR
 Ing. FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ

 CO - ASESOR

SUSTENTANTE
 ERLIN SMITH BARRETO VEGA



NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS FINAL ERLIN _Turnitin.pdf

AUTOR

Erlin Smith Barreto Vega

RECUENTO DE PALABRAS

95366 Words

RECUENTO DE CARACTERES

483581 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

482 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

21.1MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 8, 2023 10:55 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 8, 2023 11:05 AM GMT-5**● 4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

AGRADECIMIENTO

A mi familia por toda su ayuda incondicional.

Al equipo de docentes y administrativos de la FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, por el aprendizaje impartido durante mis estudios de pregrado.

A los miembros del jurado examinador:

Ing. Felismero Salinas Fernandez

Ing. Ramon Teodoro Urtecho Casimiro

Ing. Jorge Luis Vargas Garcia

Por su preciada participación durante la revisión de la presente tesis.

DEDICATORIA

A Dios:

Por brindarme siempre las fuerzas necesarias para atravesar las dificultades presentadas durante la vida, escucharme por el bienestar de mis seres queridos y guiarme en todo momento para el cumplimiento de mis metas.

A mi Madre:

Fortunata Vega Caro, por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente, brindándome su amor puro y su preocupación, por tolerar siempre mis errores y por ser la mejor madre del mundo y mi motivación.

A mi Padre

Jacinto Vicente Barreto Chinchay, por su apoyo incondicional, sus gestos de cariño, sus consejos y por brindarme siempre el impulso y los ánimos de seguir adelante para el cumplimiento de mis metas.

A mis Hermanas:

Roxana y Esmeralda, por su apoyo incondicional, sus consejos, su compañía y ayudarme en mi bienestar.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen.....	xxi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Justificación de la Investigación.....	2
1.3.1. Justificación Teórica.....	2
1.3.2. Justificación Práctica.....	2
1.3.3. Justificación Económica.....	2
1.3.4. Justificación Social.....	3
1.3.5. Justificación Legal.....	3
1.3.6. Justificación Metodológica.....	3
1.4. Delimitación de la Investigación.....	3
1.4.1. Delimitación Espacial.....	3
1.4.2. Delimitación Técnica.....	4
1.4.3. Delimitación Temporal.....	4
1.4.4. Delimitación Conceptual.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.6.1. Hipótesis General.....	4
1.7. Variables.....	5
1.7.1. Variable Independiente.....	5
1.7.2. Variable Dependiente.....	5
1.7.3. Definición Conceptual de las Variables.....	5
1.7.3.1. Soldadura.....	5
1.7.3.2. Resistencia de Empalmes del Acero de Refuerzo.....	5
1.7.4. Definición Operacional de las Variables.....	5
1.7.4.1. Soldadura.....	5
1.7.4.2. Resistencia de Empalmes del Acero de Refuerzo.....	5

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.2.1. Relación Tensión-Deformación.....	10
2.2.1.1. Diagrama esfuerzo-deformación convencional	11
2.2.1.2. Diagrama esfuerzo-deformación verdadero.....	13
2.2.1.3. Ley Constitutiva.....	15
2.2.2. Superficies de rotura en el carácter dúctil ó frágil de los metales	15
2.2.3. Aceros al Carbono	17
2.2.4. Acero de Refuerzo	19
2.2.4.1. Barras de Acero Corrugado	19
2.2.4.2. Propiedades Mecánicas de las Barras de Refuerzo.....	22
2.2.4.3. Propiedades de las Barras ASTM A615 Grado 60	24
2.2.5. Empalmes de Acero de Refuerzo	26
2.2.6. Soldadura	27
2.2.6.1. Soldadura por Arco Metálico Protegido (Shielded Metal Arc Welding)	29
2.2.6.1.1. Fundamentos del Proceso	29
2.2.6.1.2. Principios de Operación.....	31
2.2.6.1.3. Ventajas del Proceso.....	33
2.2.6.1.4. Aplicaciones	33
2.2.6.1.5. Diseño y Preparación de Juntas	34
2.2.6.1.6. Variables de Soldadura.....	34
2.2.6.2. Soldadura por Arco Metálico con Gas (Gas Metal Arc Welding).....	34
2.2.6.2.1. Fundamentos del Proceso	35
2.2.6.2.2. Principios de Operación.....	36
2.2.6.2.3. Materiales y Consumibles	38
2.2.6.2.4. Variables de Proceso	42
2.2.6.3. Soldadura por Arco de Tungsteno a Gas (Gas Tungsten Arc Welding).....	42
2.2.6.3.1. Fundamentos del Proceso	42
2.2.6.3.2. Variables del Proceso	45
2.2.6.3.3. Aplicaciones	45
2.2.6.3.4. Electroodos	45
2.2.6.3.5. Gases de Protección.....	45
2.2.6.3.6. Materiales	46
2.2.6.3.7. Diseño de Juntas de Soldadura	46

2.3. Marco Legal	47
2.4. Definición de Términos	48
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.1. Tipo de la Investigación.....	55
3.2. Diseño de la Investigación	56
3.3. Plan de Recolección de Información	57
3.3.1. Población	57
3.3.2. Muestra	57
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	61
3.4.1. Revisión Documental.....	61
3.4.2. La Observación	61
3.4.3. El Experimento	62
3.5. Plan de Procesamiento y Análisis Estadístico de la Información	62
3.5.1. Plan de Procesamiento	62
3.5.2. Análisis Estadístico.....	63
3.5.2.1. Análisis Estadístico Descriptivo	64
3.5.2.1.1. Medidas de Centralización.	64
3.5.2.1.2. Medidas de Dispersión.	65
3.5.2.2. Análisis Estadístico Inferencial.....	66
3.5.2.2.1. Análisis de Normalidad	66
3.5.2.2.2. Test de Shapiro Wilk	67
3.5.2.2.3. Asimetría	67
3.5.2.2.4. Prueba de T-Student para muestras relacionadas	67
3.5.2.2.5. Prueba de T-Student para la media poblacional (valor hipotético)	68
3.5.2.2.6. Prueba de Wilcoxon para pares relacionados	68
CAPÍTULO IV. TRABAJO EXPERIMENTAL	69
4.1. Elaboración de Empalmes Soldados	69
4.1.1. Materiales y Equipo	69
4.1.2. Justificación de la elección de los materiales y procesos de soldadura.....	75
4.1.3. Procedimiento	75
4.1.3.1. Corte en frío para la conformación de las muestras.....	75
4.1.3.2. Marcación y apuntalamiento.....	76
4.1.3.3. Procedimiento de Soldadura	77
4.2. Descripción de los Empalmes Soldados	79
4.3. Ensayos. Justificación.	80

4.3.1. Ensayo de tracción simple	80
4.3.2. Ensayo de Doblado	81
4.4. Descripción del trabajo experimental	81
4.4.1. Ensayos de tracción simple.....	81
4.4.1.1. Probetas o Especímenes	81
4.4.1.2. Preparación de las probetas.....	83
4.4.1.3. Montaje del ensayo	83
4.4.1.4. Métodos y equipo empleado	85
4.4.2. Ensayos de Doblado.	87
4.4.2.1. Probetas o especímenes.....	87
4.4.2.2. Preparación de las probetas.....	88
4.4.2.3. Montaje del ensayo	88
4.4.2.4. Métodos y equipo empleado	88
CAPÍTULO V. RESULTADOS	89
5.1. Datos de la muestra	89
5.2. Consideraciones para el cálculo de esfuerzos actuantes	89
5.2.1. Junta a Tope Directo.....	89
5.2.2. Junta a Solape Directo.	89
5.2.3. Junta a Tope Indirecta con 2 Barras Como Cubre junta.....	90
5.2.4. Junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubre junta.....	90
5.3. Resultados de los Ensayos	90
5.4. Descripción Estadística de los Resultados Obtenidos.....	129
5.5. Análisis de Variabilidad.....	144
5.6. Análisis de Normalidad.....	146
5.7. Prueba de Hipótesis.....	151
5.7.1. Prueba de la Hipótesis 1	152
5.7.1.1. Formulación o Modelo Lógico	153
5.7.1.2. Modelo Matemático	153
5.7.2. Prueba de la Hipótesis 2.	153
5.7.2.1. Formulación o Modelo Lógico	154
5.7.2.2. Modelo Matemático	154
5.7.2.3. Análisis	154
5.7.2.3.1. Análisis T- Student en muestras relacionadas: $var. = f_{u\text{patrón}} - f_{u\text{emp. soldado}}$	155
5.7.2.4. Regla de Decisión	201
5.7.2.4.1. Análisis T- Student de la Media Poblacional: Variable = f_u/f_y	213

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	226
6.1. Discusión de Resultados del Ensayo de Tracción.....	226
6.1.1. Análisis de Resultados de las Varillas de Control	226
6.1.2. Interpretación de las Curvas de Esfuerzo-Deformación.....	227
6.1.3. Análisis de Resultados de las Varillas Soldadas.....	231
6.1.4. Análisis de los Resultados de la Rotura de Tracción.....	232
6.1.4.1. Empalmes con Junta a Tope Directo	232
6.1.4.2. Empalmes con Junta a Solape Directo.....	233
6.1.4.3. Empalmes con Junta a Tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas....	234
6.1.4.4. Empalmes con Junta a Tope Indirecta con Ángulo Cubrejunta.....	234
6.1.5. Discusión de Resultados de los Esfuerzos Actuantes en las Cubrejuntas.	235
6.1.5.1. Análisis en las Varillas de Acero Como Cubrejunta	235
6.1.5.2. Análisis en los Ángulos Estructurales de Acero Como Cubrejunta	235
6.1.6. Discusión de Resultados de los Esfuerzos Actuantes en las Soldaduras.....	236
6.1.6.1. Análisis en la Soldadura de la Junta a Tope Directo	236
6.1.6.2. Análisis en la Soldadura de la Junta a Solape Directo.....	238
6.1.6.3. Análisis en Soldadura de Junta a Tope Indirecto con Varillas Cubrejunta	238
6.1.6.4. Análisis en Soldadura de Junta a Tope Indirecto con Ángulo Cubrejunta.	239
6.2. Discusión de Resultados del Ensayo de Doblado	239
6.2.1. Junta a Tope Directo	239
6.2.2. Junta a Solape Directo	240
6.2.3. Junta a Tope Indirecto con Dos Varillas Como Cubrejuntas	241
6.3. Análisis de la Influencia de la Variable Independiente sobre la Dependiente..	242
6.4. Discusión del Análisis de Hipótesis.....	244
6.4.1. Proceso de Soldadura SMAW.	245
6.4.2. Proceso de Soldadura GMAW.	245
6.4.3. Proceso de Soldadura GTAW.....	245
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	247
7.1. Conclusiones	247
7.2. Recomendaciones	253
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	254
APÉNDICES.....	262
Apéndice A. Tablas del Acero de Refuerzo SIDERPERÚ	263
Apéndice B Tablas de la Norma AWS D1.4/D1.4M.....	264
Apéndice C. Tablas Usadas de la Especificación ANSI/AISC 360-10	269

Apéndice D. Diseño de Empalmes Soldados.....	274
Apéndice E. Planos de los Empalmes Soldados	296
Apéndice F. Formulario de Especificación de Procedimiento de soldadura (WPS) 301	
Apéndice G. Fotografías de las Probetas Ensambladas a Tensión.....	307
Apéndice H. Fotografías de las Probetas Ensambladas en el Ensayo de Doblez	320
Apéndice I. Fotografías de las Probetas Después de la Rotura de Tracción.....	325
Apéndice J. Fotografías de las Probetas Después del Doblado	339
Apéndice K. Ficha de Registro (Recolección de Datos).....	346
Apéndice L Matriz de Consistencia	353
Apéndice M. Operacionalización de Variables.....	354
Apéndice N. Tablas Estadísticas	355
Apéndice O. Prueba de Hipótesis Para Datos no Normales (Test de Wilcoxon)	357
Apéndice P. Certificado de Calibración de la Máquina Universal – Tracción.	361
Apéndice Q. Validación de Ensayos.....	363
Apéndice R. Protocolos del Diseño de Empalmes Soldados	367
Apéndice S. Protocolos de Elaboración de Empalmes Soldados de Acero de Refuerzo ASTM A615 G60.....	369
Apéndice T. Protocolos del Ensayo de Tracción	371
Apéndice U. Protocolos del Ensayo de Doblado	377
Apéndice V. Protocolos de Procesamiento de Datos del Ensayo de Tracción	378
ANEXOS	379
Anexo A. Hoja Técnica de las Barras de Acero de Refuerzo	380
Anexo B. Hoja Técnica del Ángulo Estructural (Cubrejunta del Empalme).....	383
Anexo C. Hoja Técnica del Electrodo E-9018-G.....	385
Anexo D. Hoja Técnica del Electrodo E-7018.....	386
Anexo E. Hoja Técnica del Alambre Macizo ER70S-6.....	387
Anexo F. Hoja Técnica de la Varilla Sólida ER70S-6.....	388
Anexo G. Hoja Técnica de la Maquinaria 1 del Proceso de Soldadura SMAW.....	389
Anexo H. Hoja Técnica de la Maquinaria 2 del Proceso de Soldadura SMAW.....	391
Anexo I. Hoja Técnica de la Maquinaria del Proceso de Soldadura GMAW.....	393
Anexo J. Hoja Técnica de la Maquinaria del Proceso de Soldadura GTAW	395
Anexo K. Certificación del Soldador	397

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1 <i>Clasificación y Soldabilidad de Aceros al Carbono</i>	18
Tabla 2 <i>Características de las Barras ASTM A-615</i>	20
Tabla 3 <i>Calidades del Acero de Refuerzo</i>	21
Tabla 4 <i>Elongaciones Mínimas de Rotura</i>	24
Tabla 5 <i>Electrodos Recomendados Para Soldadura de Arco Metálico con Gas</i>	39
Tabla 6 <i>Gases de Protección GMAW</i>	41
Tabla 7 <i>Muestreo</i>	59
Tabla 8 <i>Longitudes de los Especímenes</i>	79
Tabla 9 <i>Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas Patrón</i>	90
Tabla 10 <i>Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas SMAW</i>	91
Tabla 11 <i>Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas GMAW</i>	91
Tabla 12 <i>Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas GTAW</i>	92
Tabla 13 <i>Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas SMAW</i>	93
Tabla 14 <i>Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas GMAW</i>	93
Tabla 15 <i>Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas GTAW</i>	94
Tabla 16 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 1</i>	108
Tabla 17 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 2</i>	109
Tabla 18 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 3</i>	110
Tabla 19 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GMAW del Especimen 1</i>	111
Tabla 20 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GMAW del Especimen 2</i>	112
Tabla 21 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GMAW del Especimen 3</i>	113
Tabla 22 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GTAW del Especimen 1</i>	114
Tabla 23 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GTAW del Especimen 2</i>	115
Tabla 24 <i>Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GTAW del Especimen 3</i>	116
Tabla 25 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 1)</i>	117
Tabla 26 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 2)</i>	118
Tabla 27 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 3)</i>	119

Tabla 28 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 1)</i>	120
Tabla 29 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 2)</i>	121
Tabla 30 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 3)</i>	122
Tabla 31 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GTAW (Especimen 1)</i>	123
Tabla 32 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GTAW (Especimen 2)</i>	124
Tabla 33 <i>Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GTAW (Especimen 3)</i>	125
Tabla 34 <i>Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes SMAW</i>	126
Tabla 35 <i>Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes GMAW</i>	127
Tabla 36 <i>Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes GTAW</i>	128
Tabla 37 <i>Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Máximo de Tracción (f_u) en las Varillas de Control</i>	129
Tabla 38 <i>Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Máximo de Tracción (f_u) de los Empalmes Soldados</i>	130
Tabla 39 <i>Medidas Descriptivas Estadísticas de la Relación f_u/f_y de los Empalmes Soldados</i>	131
Tabla 40 <i>Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Actante Total Máximo en la Soldadura del Empalme ($f_{s_{total}}$)</i>	132
Tabla 41 <i>Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Actuantes Máximos en la Cubrejunta del Empalme ($f_{c_{max}}$)</i>	133
Tabla 42 <i>Coficiente de Variación del Esfuerzo de Tracción (f_u) en las Varillas Control</i>	145
Tabla 43 <i>Coficiente de Variación del Esfuerzo de Tracción (f_u) en Empalmes Soldados</i>	145
Tabla 44 <i>Coficiente de Variación de la Relación f_u/f_y de Empalmes Soldados</i>	146
Tabla 45 <i>Análisis de Normalidad del Esfuerzo de Tracción (f_u) y la Relación f_u/f_y</i>	147
Tabla 46 <i>Análisis de Normalidad de la Diferencia de Esfuerzos de Tracción ($f_{u_{patrón}}$ $- f_{u_{emp.soldado}}$)</i>	148

Tabla 47 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (SMAW).....	155
Tabla 48 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme B-3/8" (SMAW).....	156
Tabla 49 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (SMAW).....	157
Tabla 50 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (SMAW).....	158
Tabla 51 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (SMAW).....	159
Tabla 52 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (SMAW)	160
Tabla 53 Prueba T-Student: Patrón de 5/8" y Empalme C-5/8" (SMAW).....	161
Tabla 54 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (GMAW)	162
Tabla 55 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme B-3/8" (GMAW)	163
Tabla 56 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (GMAW).....	164
Tabla 57 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme D-3/8" (GMAW).....	165
Tabla 58 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (GMAW)	166
Tabla 59 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (GMAW).....	167
Tabla 60 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (GMAW).....	168
Tabla 61 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (GTAW)	169
Tabla 62 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (GTAW).....	170
Tabla 63 Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme D-3/8" (GTAW).....	171
Tabla 64 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (GTAW)	172
Tabla 65 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (GTAW)	173
Tabla 66 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme C-1/2" (GTAW).....	174
Tabla 67 Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (GTAW).....	175
Tabla 68 Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (SMAW).....	176
Tabla 69 Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (SMAW).....	177
Tabla 70 Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (SMAW)	178
Tabla 71 Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (SMAW)	179
Tabla 72 Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (SMAW).....	180
Tabla 73 Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (SMAW).....	181
Tabla 74 Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (SMAW)	182
Tabla 75 Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (SMAW)	183
Tabla 76 Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-5/8" (SMAW)	184
Tabla 77 Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (GMAW).....	185
Tabla 78 Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (GMAW).....	186
Tabla 79 Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (GMAW).....	187
Tabla 80 Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (GMAW)	188

Tabla 81 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (GMAW)</i>	189
Tabla 82 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (GMAW)</i>	190
Tabla 83 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (GMAW)</i>	191
Tabla 84 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (GMAW)</i>	192
Tabla 85 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (GTAW)</i>	193
Tabla 86 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (GTAW)</i>	194
Tabla 87 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (GTAW)</i>	195
Tabla 88 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (GTAW)</i>	196
Tabla 89 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (GTAW)</i>	197
Tabla 90 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (GTAW)</i>	198
Tabla 91 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (GTAW)</i>	199
Tabla 92 <i>Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (GTAW)</i>	200
Tabla A.1 <i>Dimensiones y Peso de las Barras de Construcción</i>	263
Tabla A.2 <i>Propiedades Mecánicas</i>	263
Tabla B.1 <i>Tensiones Permitidas en Soldaduras</i>	264
Tabla B.2 <i>Requisitos de Soldadura de Ranura CJP Para Juntas de Tope Directo</i> .	265
Tabla B.3 <i>Requerimientos de Metales de Relleno Coincidentes</i>	266
Tabla B.4 <i>Tabulación de Posiciones de Soldaduras Ranuradas</i>	268
Tabla B.5 <i>Número y Tipo de Pruebas para la Calificación WPS</i>	268
Tabla C.1 <i>Resistencia Disponible de Juntas Soldadas (kN)</i>	269
Tabla C.2 <i>Factores de Retraso de Cortante - Conectores de Miembros a Tensión</i>	272
Tabla C.3 <i>Garganta Efectiva-Soldaduras de Tope (Junta de Penetración Parcial)</i>	273
Tabla C.4 <i>Espesor Mínimo de Garganta Efectiva</i>	273

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 <i>Diagramas de Esfuerzo-Deformación Convencional y Verdadero del Material Dúctil</i>	12
Figura 2 <i>Curva de Esfuerzo-Deformación Para Materiales Frágiles</i>	14
Figura 3 <i>Superficies de Rotura</i>	16
Figura 4 <i>Rotura en Forma de Copa y Cono</i>	16
Figura 5 <i>Varilla de Acero ASTM A615 de Grado 60</i>	20
Figura 6 <i>Distribución de Esfuerzos de Fluencia de Aceros Grado 60</i>	22
Figura 7 <i>Curvas de Esfuerzo - Deformación Típicas del Acero de Refuerzo</i>	23
Figura 8 <i>Curvas Típicas de Aceros Nacionales de 5/8" de Grado 60</i>	23
Figura 9 <i>Diagrama de Graville Para Evaluación de Soldabilidad</i>	25
Figura 10 <i>Efectos de Altas Temperaturas en la Resistencia del Acero</i>	26
Figura 11 <i>Longitud de Traslape</i>	26
Figura 12 <i>Electrodos Cubiertos Típicos Usados en el Proceso SMAW</i>	30
Figura 13 <i>Elementos del Circuito Típico de Soldadura SMAW</i>	32
Figura 14 <i>Esquema de la Soldadura SMAW</i>	32
Figura 15 <i>Instalación Típica Automatizada de Soldadura GMAW</i>	37
Figura 16 <i>Configuración Semiautomática del Proceso de Soldadura GMAW</i>	37
Figura 17 <i>Esquema de la Operación Manual del Proceso de Soldadura GTAW</i>	43
Figura 18 <i>Disposición de Equipos del Proceso de Soldadura GTAW</i>	43
Figura 19 <i>Barras de Acero de Refuerzo SIDERPERÚ</i>	70
Figura 20 <i>Ángulos Estructurales SIDERPERÚ</i>	70
Figura 21 <i>Electrodos TENACITO 65 de Diámetro 1/8"</i>	71
Figura 22 <i>Alambre Macizo SOLDAMIG ER70S-6 de Diámetro 1mm</i>	72
Figura 23 <i>Depósitos de Gases Usados en el Proceso GTAW</i>	73
Figura 24 <i>Herramientas Para el Corte de Varillas en Frio</i>	73
Figura 25 <i>Equipo Usado en el Proceso SMAW</i>	74
Figura 26 <i>Equipo Usado en el Proceso GMAW</i>	74
Figura 27 <i>Equipo Usado en el Proceso GTAW</i>	75
Figura 28 <i>Corte en Frio y Disposición de las Varillas de Acero de Refuerzo</i>	76
Figura 29 <i>Marcas y Apuntalamiento de la Junta a Soldar</i>	76
Figura 30 <i>Procedimiento se Soldadura SMAW</i>	77

Figura 31 Procedimiento de Soldadura GMAW	78
Figura 32 Procedimiento de Soldadura GTAW	78
Figura 33 Empalmes Soldados	79
Figura 34 Juntas Soldadas del Proceso SMAW (varillas de 3/8" y 1/2").....	82
Figura 35 Juntas Soldadas con el Proceso GMAW	82
Figura 36 Juntas Soldadas con el Proceso GTAW.....	83
Figura 37 Junta Soldada del Proceso SMAW (varillas de 5/8")	83
Figura 38 Esquema del Ensayo a Tracción de los Especímenes 1 y 2.....	84
Figura 39 Esquema del Ensayo a Tracción de los Especímenes 3	85
Figura 40 Máquina de Ensayo a Tracción y Manómetro Digital.....	86
Figura 41 Bases con Perforaciones Truncocónicas de Acero Común.....	86
Figura 42 Mordazas de Acero con Previo Tratamiento Térmico	86
Figura 43 Cámaras Para Grabación de Lectura de Deformaciones y Cargas	87
Figura 44 Equipo de Protección Personal Para la Ejecución de Ensayos.....	87
Figura 45 Esquema del Ensayo de Doblado	88
Figura 46 Diagrama Tensión-Deformación de la Varilla Control de 1/2"	94
Figura 47 Diagrama Tensión-Deformación de la Varilla Control de 5/8".....	95
Figura 48 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (SMAW).....	95
Figura 49 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (SMAW).....	96
Figura 50 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (SMAW).....	96
Figura 51 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (SMAW)	97
Figura 52 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (SMAW).....	97
Figura 53 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (SMAW)	98
Figura 54 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-5/8" (SMAW).....	98
Figura 55 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (GMAW).....	99
Figura 56 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (GMAW).....	99
Figura 57 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (GMAW).....	100
Figura 58 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (GMAW)	100
Figura 59 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (GMAW).....	101
Figura 60 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-1/2" (GMAW).....	101
Figura 61 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-1/2" (GMAW).....	102
Figura 62 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (GMAW)	102
Figura 63 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (GTAW).....	103
Figura 64 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (GTAW).....	103

Figura 65 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (GTAW).....	104
Figura 66 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (GTAW).....	104
Figura 67 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (GTAW).....	105
Figura 68 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-1/2" (GTAW).....	105
Figura 69 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-1/2" (GTAW).....	106
Figura 70 Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (GTAW).....	106
Figura 71 Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en las Varillas Patrón	135
Figura 72 Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuales y Especificados en las Varillas Patrón.....	135
Figura 73 Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en los Empalmes (SMAW)....	136
Figura 74 Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuales y Especificados en Empalmes (SMAW).....	136
Figura 75 Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en los Empalmes (GMAW)...	137
Figura 76 Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuales y Especificados en Empalmes (GMAW).....	137
Figura 77 Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en los Empalmes (GTAW)....	138
Figura 78 Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuales y Especificados en Empalmes (GTAW)	138
Figura 79 Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuales y Especificados en la Soldadura SMAW	139
Figura 80 Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuales y Especificados en la Soldadura GMAW	140
Figura 81 Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuales y Especificados en la Soldadura GTAW.....	140
Figura 82 Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (SMAW) ..	141
Figura 83 Gráfico Comparativo, Esfuerzos en Ángulo Estructural Cubrejunta (SMAW)	142
Figura 84 Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (GMAW) .	142
Figura 85 Gráfico Comparativo, Esfuerzos en el Ángulo Estructural Cubrejunta (GMAW)	143
Figura 86 Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (GTAW) ..	143
Figura 87 Gráfico Comparativo, Esfuerzos en el Ángulo Estructural Cubrejunta (GTAW).....	144
Figura 88 Validación de Hipótesis: Muestras Control 3/8" y A-3/8" (SMAW)	155

Figura 89 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y B-3/8" (SMAW).....	156
Figura 90 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (SMAW).....	157
Figura 91 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (SMAW).....	158
Figura 92 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (SMAW).....	159
Figura 93 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (SMAW)	160
Figura 94 Validación de Hipótesis: Muestras Control-5/8" y C-5/8" (SMAW).....	161
Figura 95 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y A-3/8" (GMAW).....	162
Figura 96 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y B-3/8" (GMAW).....	163
Figura 97 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (GMAW).....	164
Figura 98 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y D-3/8" (GMAW)	165
Figura 99 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (GMAW).....	166
Figura 100 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (GMAW)....	167
Figura 101 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (GMAW) ...	168
Figura 102 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y A-3/8" (GTAW).....	169
Figura 103 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (GTAW).....	170
Figura 104 Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y D-3/8" (GTAW).....	171
Figura 105 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (GTAW).....	172
Figura 106 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (GTAW).....	173
Figura 107 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y C-1/2" (GTAW).....	174
Figura 108 Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (GTAW).....	175
Figura 109 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (SMAW).....	176
Figura 110 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (SMAW).....	177
Figura 111 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (SMAW).....	178
Figura 112 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (SMAW)	179
Figura 113 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (SMAW).....	180
Figura 114 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (SMAW).....	181
Figura 115 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (SMAW).....	182
Figura 116 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (SMAW)	183
Figura 117 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-5/8" (SMAW).....	184
Figura 118 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (GMAW).....	185
Figura 119 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (GMAW).....	186
Figura 120 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (GMAW).....	187
Figura 121 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (GMAW)	188
Figura 122 Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (GMAW).....	189

Figura 123 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (GMAW)</i>	190
Figura 124 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (GMAW)</i>	191
Figura 125 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (GMAW)</i>	192
Figura 126 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (GTAW)</i>	193
Figura 127 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (GTAW)</i>	194
Figura 128 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (GTAW)</i>	195
Figura 129 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (GTAW)</i>	196
Figura 130 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (GTAW)</i>	197
Figura 131 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (GTAW)</i>	198
Figura 132 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (GTAW)</i>	199
Figura 133 <i>Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (GTAW)</i>	200
Figura G.1 <i>Varillas Control de 3/8" Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	307
Figura G.2 <i>Varillas Control de 1/2" Ensambladas en la Máquina a Tensión</i>	307
Figura G.3 <i>Varillas Control de 5/8" Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	308
Figura G.4 <i>Empalmes A- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	308
Figura G.5 <i>Empalmes B- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	309
Figura G.6 <i>Empalmes C- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	309
Figura G.7 <i>Empalmes D- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	310
Figura G.8 <i>Empalmes A- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	310
Figura G.9 <i>Empalmes B- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i>	311
Figura G.10 <i>Empalmes C- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	311
Figura G.11 <i>Empalmes D- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	312
Figura G.12 <i>Empalmes A- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	312
Figura G.13 <i>Empalmes B- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	313
Figura G.14 <i>Empalmes C- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	313
Figura G.15 <i>Empalmes D- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	314
Figura G.16 <i>Empalmes A- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	314
Figura G.17 <i>Empalmes B- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	315
Figura G.18 <i>Empalmes C- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	315
Figura G.19 <i>Empalmes D- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> .	316
Figura G.20 <i>Empalmes B- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	316
Figura G.21 <i>Empalmes C- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	317
Figura G.22 <i>Empalmes D- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	317
Figura G.23 <i>Empalmes B- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión</i> ..	318

Figura G.24	<i>Empalmes C- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión ..</i>	318
Figura G.25	<i>Empalmes C- 5/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión ..</i>	319
Figura H.1	<i>Empalmes A- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado .</i>	320
Figura H.2	<i>Empalmes B- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado .</i>	320
Figura H.3	<i>Empalmes A- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado .</i>	320
Figura H.4	<i>Empalmes B- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado .</i>	321
Figura H.5	<i>Empalmes A- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	321
Figura H.6	<i>Empalmes B- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	321
Figura H.7	<i>Empalmes C- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	322
Figura H.8	<i>Empalmes A- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	322
Figura H.9	<i>Empalmes B- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	322
Figura H.10	<i>Empalmes A- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	323
Figura H.11	<i>Empalmes B- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	323
Figura H.12	<i>Empalmes A- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	323
Figura H.13	<i>Empalmes B- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	324
Figura H.14	<i>Empalmes C- 5/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado</i>	324
Figura I.1	<i>Varillas Patrón de 3/8" y 1/2" Después de la Rotura de Tracción.....</i>	325
Figura I.2	<i>Varillas Patrón de 5/8" Después de la Rotura de Tracción</i>	325
Figura I.3	<i>Empalmes A-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	326
Figura I.4	<i>Empalmes B-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	326
Figura I.5	<i>Empalmes C-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	327
Figura I.6	<i>Empalmes D-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	327
Figura I.7	<i>Empalmes A-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	328
Figura I.8	<i>Empalmes B-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	328
Figura I.9	<i>Empalmes C-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	329
Figura I.10	<i>Empalmes D-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	329
Figura I.11	<i>Empalmes A-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	330
Figura I.12	<i>Empalmes B-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	330
Figura I.13	<i>Empalmes C-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	331
Figura I.14	<i>Empalmes D-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	331
Figura I.15	<i>Empalmes A-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	332
Figura I.16	<i>Empalmes B-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción.....</i>	332
Figura I.17	<i>Empalmes C-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	333
Figura I.18	<i>Empalmes D-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción</i>	333

Figura I.19 Empalmes A-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	334
Figura I.20 Empalmes B-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	334
Figura I.21 Empalmes C-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	335
Figura I.22 Empalmes D-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción	335
Figura I.23 Empalmes A-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	336
Figura I.24 Empalmes B-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	336
Figura I.25 Empalmes C-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción.....	337
Figura I.26 Empalmes D-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción	337
Figura I.27 Empalmes C-5/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción	338
Figura J.1 Empalmes A- 3/8" (SMAW) Después del Doblado.....	339
Figura J.2 Empalmes B- 3/8" (SMAW) Después del Doblado.....	339
Figura J.3 Empalmes A- 1/2" (SMAW) Después del Doblado.....	340
Figura J.4 Empalmes B- 1/2" (SMAW) Después del Doblado.....	340
Figura J.5 Empalmes A- 3/8" (GMAW) Después del Doblado.....	341
Figura J.6 Empalmes B- 3/8" (GMAW) Después del Doblado.....	341
Figura J.7 Empalmes C- 3/8" (GMAW) Después del Doblado.....	342
Figura J.8 Empalmes A- 1/2" (GMAW) Después del Doblado.....	342
Figura J.9 Empalmes B- 1/2" (GMAW) Después del Doblado.....	343
Figura J.10 Empalmes A- 3/8" (GTAW) Después del Doblado.....	343
Figura J.11 Empalmes B- 3/8" (GTAW) Después del Doblado	344
Figura J.12 Empalmes A- 1/2" (GTAW) Después del Doblado.....	344
Figura J.13 Empalmes B- 1/2" (GTAW) Después del Doblado.....	345
Figura J.14 Empalmes C- 5/8" (SMAW) Después del Doblado	345

Resumen

Esta Tesis aborda la soldadura en empalmes de las varillas de acero de refuerzo ASTM A615 de Grado 60, puesto que no se conoce la resistencia de los empalmes soldados y en virtud de que hay muy pocos estudios anteriores, quienes no abarcan algunos tipos de juntas soldadas y procesos de soldadura no habituales.

El objetivo principal es evaluar el efecto de la soldadura en la resistencia de empalmes de las varillas de acero de refuerzo ASTM A615 de Grado 60, usando como metodología el experimento en el ensayo de tracción, a través de grabaciones, recopilando los datos de la resistencia a la tracción y deformaciones, y con el ensayo de doblado, las fichas de registro recopilaron información de la ocurrencia de fisuras en el empalme. Asimismo, se usa la observación, mediante fichas de registro, que recopilan los datos de los tipos de falla y posición de rotura. Posteriormente, se realiza el análisis estadístico con el programa Microsoft Excel y SPSS v.21, donde se aplica el contraste de Shapiro Willks para la normalidad, y las pruebas de T-Student y Wilcoxon para la prueba de hipótesis, con un nivel de significancia del 5%.

Los resultados muestran en la dimensión “tipo de junta”, que, la junta a tope indirecta con dos varillas como cubrejuntas mostró la resistencia más favorable. En las dimensiones “proceso de soldadura” y “material de relleno”, el proceso SMAW y el electrodo E9018-G, reflejan influencia positiva en la resistencia del empalme.

Asimismo, en las pruebas de T-Student y Wilcoxon (según corresponda), se acepta la hipótesis planteada para los empalmes de juntas a tope indirecto con varillas como cubrejunta de los procesos SMAW y GMAW, y con ángulos estructurales como cubrejunta del proceso SMAW.

Se concluye que. la soldadura influye positivamente para ciertas juntas y procesos, y negativamente para otras soldaduras, en la resistencia de los empalmes de las varillas de acero de refuerzo ASTM A615 de Grado 60.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Desde que se iniciaron las construcciones de concreto reforzado, se emplean técnicas en la continuidad del acero de refuerzo, como los empalmes, siendo el traslape muy empleado en la actualidad. Sin embargo, en toda construcción existen dificultades inesperadas y en ocasiones la negligencia de los constructores evita que se emplee correctamente los empalmes traslapados del acero de refuerzo, tal es el caso de la insuficiente longitud en las mechas de las barras del acero de refuerzo de las columnas y placas de edificaciones de concreto reforzado, por lo cual no es posible el uso del traslape tradicional, evitando la construcción de pisos superiores. En muchos casos a pesar de haberse presentado dicho problema se realizan los empalmes traslapados con poca longitud, siendo así no habría una correcta transferencia de esfuerzos de una barra a otra y mucho menos se estaría obedeciendo los artículos 12.15.1, 12.16.1 y 12.6.2 de la E-060 (Concreto Armado), provocando la probable falla por empalme. Por consiguiente, es necesario recurrir a otras técnicas para empalmar varillas de acero, que puedan resolver dichas dificultades. La soldadura es una alternativa que podría ser útil, según la viabilidad que podría presentar y teniendo en cuenta los requisitos que se impone en el artículo 12.14.3 de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones y la Sociedad Americana de la Soldadura “Structural Welding Code—Reinforcing Steell (ANSI/AWS D1.4)”. La técnica de los “empalmes soldados”, requiere de mucha menor longitud que los empalmes traslapados y debe asegurar la continuidad y la transferencia de los esfuerzos en las barras de acero.

Para el uso de los empalmes soldados en estructuras reales, es necesario evaluar su resistencia, verificando si cumplen con el artículo 12.14.3 de la E-060, dentro de criterios y requisitos de diseño indicados en dicho Reglamento y en el código ANSI/AWS D1.4.

El acero corrugado ASTM A615 de Grado 60 es muy utilizado como acero de refuerzo en el Perú, por lo cual esta investigación está enfocada a evaluar el empalme soldado en este tipo de acero, según la norma AWS D1.4, mediante el diseño de las

juntas, determinación de las resistencias y verificación superficial de la ductilidad de los empalmes soldados.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es la resistencia de empalmes soldados del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60 para concreto armado?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la resistencia a tracción de empalmes soldados de varillas de acero ASTM A615 Grado 60, según el tipo de soldadura?
- ¿Qué tipo de unión soldada es el más óptimo en el uso de empalmes de varillas de acero ASTM A 615 Grado 60?
- ¿Como es el comportamiento frente al doblado del empalme soldado de varillas de acero ASTM A615 Grado 60?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Justificación Teórica

Esta investigación contribuye a la teoría existente respecto a la soldadura de empalmes de acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60, ayudando a las futuras investigaciones relacionadas con este tema. El uso de la Normativa y teoría disponible respecto a la soldadura de acero de refuerzo, permite obtener una alternativa al empalme traslapado.

1.3.2. Justificación Práctica

La presente investigación determina la resistencia de distintos empalmes soldados (tipo de junta, material de relleno y proceso) del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60 y las características de las fallas por tracción. Asimismo, los efectos que se producen en el doblado en frío de los empalmes soldados, ello con la finalidad de simular el comportamiento del empalme soldado en un miembro estructural de concreto afectado por la flexión. Además, concluye el tipo de soldadura más adecuado para emplearlas bajo ciertas condiciones en una edificación real.

1.3.3. Justificación Económica

Las edificaciones de concreto reforzado en ocasiones presentan deficiencias constructivas causados por la negligencia, y en ciertos casos la solución es la demolición y alternativas que podrían ser desfavorables económicamente. En la instalación del acero de refuerzo pueden presentarse problemas como la falta de

longitud de las mechas del acero de refuerzo de columnas y placas (que se disponen para continuar con la construcción de pisos superiores). Esta poca longitud podría ser poco rentable para continuar con la construcción de niveles superiores, obedeciendo a las Normas Sismorresistentes y de Concreto Reforzado. Esta investigación es útil porque se puede tomar la decisión de aplicar el empalme soldado de acuerdo a los resultados de esta tesis, ahorrando los costos de ensayos para la resistencia y costos de diseño de empalmes soldados, y con resultados favorables, podría ser aplicado en una edificación real, sin emplear otras alternativas que podrían ser más costosas. Además, esta tesis se justifica económicamente porque es financiada en su totalidad por el Tesista.

1.3.4. Justificación Social

Esta tesis es importante ya que en nuestro medio (la ciudad de Huaraz) no es habitual el uso de la soldadura en los empalmes del acero de refuerzo, no es común el conocimiento del diseño, la disposición de las juntas y tipo de soldadura a emplear. Esta investigación aportará en dichos aspectos a la población y poder decidir sobre el uso de la soldadura en los empalmes.

1.3.5. Justificación Legal

Esta tesis está enfocada en la norma E-060: Concreto Armado, del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el código internacional AWS D1.4: Código de Soldadura Estructural para Acero de Refuerzo, de la Sociedad Americana de la Soldadura y en la UNE 36832: Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural, de la Asociación Española de Normalización.

1.3.6. Justificación Metodológica

Las fuentes de recolección, técnicas, instrumentos de recolección de información, materiales empleados en el trabajo de campo, procesos y plan de procesamiento de información técnicas estadísticas como las medidas de tendencia central y de dispersión, demuestran la autenticidad de esta investigación. Se analiza la relación que existe entre las variables, verificando si la soldadura aporta en la resistencia del empalme.

1.4. Delimitación de la Investigación

1.4.1. Delimitación Espacial

La investigación se centra en las barras de acero corrugado ASTM A615 de Grado 60 de diámetros comerciales (3/8", 1/2" y 5/8") que son producidas y

comercializados por SIDER PERÚ, y empleados como acero de refuerzo de concreto armado en la ciudad de Huaraz.

1.4.2. Delimitación Técnica

Según el artículo 6.2.2 de la AWS D1.4, la calificación WPS (Welding Procedure Specification), indica que se debe realizar la prueba de tensión de sección completa (para resistencia a la tracción) y la prueba de macroetch (para el grado de solidez). En esta tesis se excluye la prueba de dureza y se determina la resistencia a tracción de las barras patrón (barras sin soldar) y de los distintos empalmes soldados de acero ASTM A615 Grado 60, comprobando si la junta soldada es más resistente que la barra, además se verifica el comportamiento frente al doblado.

1.4.3. Delimitación Temporal

Se determina la resistencia de los empalmes soldados que se han elaborado entre los meses de enero y marzo del 2020, con barras de acero corrugado que se han adquirido en el mes de diciembre del año 2019.

1.4.4. Delimitación Conceptual

La bibliografía utilizada está referida a los manuales de la Sociedad Americana de Soldadura AWS (Welding Handbook), manuales y fichas técnicas de la Corporación Aceros Arequipa, SIDERPERÚ y SOLDEXA, complementándose con libros e investigaciones. Esta tesis se basa en el código AWS D1.4, la UNE 36832 y en la norma E-060.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la resistencia de empalmes soldados del acero de refuerzo de acero ASTM A615 Grado 60 para concreto reforzado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a tracción de empalmes soldados de varillas de acero ASTM A615 Grado 60, según el tipo de soldadura.
- Identificar el tipo de empalme soldado más óptimo en el uso de empalmes de varillas de acero ASTM A 615 Grado 60.
- Determinar el comportamiento frente al doblado del empalme soldado de varillas de acero ASTM A615 Grado 60.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Los empalmes soldados del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60 para concreto armado, poseen resistencias mayores a 1.25fy.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Independiente

La Soldadura, que engloba al tipo de junta, proceso de soldadura, y la resistencia a la tracción del electrodo.

1.7.2. Variable Dependiente

Resistencia de empalmes del acero de refuerzo, que comprende la resistencia a la tracción y el comportamiento frente al doblado.

1.7.3. Definición Conceptual de las Variables

1.7.3.1.Soldadura

McCormac y Csernak (2012), definen a la soldadura como: “un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan (con o sin la adición de otro metal fundido)”. (p.469)

1.7.3.2.Resistencia de Empalmes del Acero de Refuerzo

Polanco, Cavia y García (s.f.), definen a la resistencia como: la “*capacidad para soportar determinados esfuerzos sin romperse*” (p.3). Según, McCormac y Brown (2011), los empalmes en las varillas de refuerzo se usan debido a las limitaciones en las longitudes de las varillas disponibles, a los requisitos de juntas de construcción y a los cambios de varillas grandes a varillas más pequeñas. Según dichas afirmaciones decimos que la variable dependiente se define conceptualmente como la capacidad de las conexiones de varillas de acero, de soportar esfuerzos sin romperse.

1.7.4. Definición Operacional de las Variables

1.7.4.1.Soldadura

La soldadura en empalmes del acero de refuerzo variará de acuerdo a las características de las juntas, materiales y procedimientos para su elaboración. En esta investigación, la variable consta de las siguientes dimensiones: diseño de la junta, resistencia a la tracción del material de relleno y el proceso de soldadura. El parámetro “posición de soldadura” será vertical (posición 3G) y constante.

1.7.4.2.Resistencia de Empalmes del Acero de Refuerzo

La resistencia del empalme se medirá mediante los resultados de los ensayos a la tracción y del doblado en frío de los empalmes soldados. Las dimensiones de esta variable son: la resistencia, medida mediante la resistencia a la tracción; la ductilidad,

que se mide a través de las características del doblado y del tipo de la superficie de falla a tracción; y el diámetro de la barra, porque la soldadura penetra a la barra, disminuyendo el espesor o diámetro, y mientras menor sea el espesor de la barra, menor será el material de acero que se disponga, por cual la resistencia sería menor.

CAPÍTULO II.

MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

Quezada (2010), desarrolló la tesis llamada *Efectos de la Soldadura en Empalmes de Acero de Refuerzo, para Concreto Armado*. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Según Quezada, su tesis, “realiza un ensayo cíclico de barras soldadas para analizar su comportamiento y compararlas con aquellas no soldadas, diseñando dos sistemas para un ensayo de bajo ciclo”. Las principales conclusiones son:

- Quezada, afirma que: “no hay gran diferencia entre una unión soldada y no soldada, en términos de ductilidad o resistencia, sin embargo, deben ser soldadas con gran cuidado, por personas especializadas y según las la norma AWS D1.4 y/o D1.1, y es tan relevante como la cantidad de carbono que poseen las barras”.
- Según Quezada: “si las barras son de menor diámetro la pérdida de ductilidad y endurecimiento prematuro será más notoria y la unión será más delicada de realizar”.

Hurtado (2011), elaboró la tesis llamada *Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero para concreto reforzado BELGO 60*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Hurtado manifiesta que, en su tesis: “se verifica la soldabilidad de las barras corrugadas de acero BELGO 60 para concreto reforzado, de fabricación brasilera, de acuerdo con las normas ASTM A615 y ASTM A706, siendo de acero de media aleación, orientadas a aplicaciones donde las propiedades mecánicas y la composición química están limitadas por los requerimientos de la norma. Se establecen procedimientos de soldadura, siguiendo recomendaciones del código ANSI/AWS D1.4 - 2005. El tipo de junta estudiado es la Junta Directa a Tope – Soldadura de Canal en V Simple, posición de soldadura 1G, con diámetros de las barras de: 3/8”, 5/8”, 3/4” y 1””. Se concluye que:

- Según Hurtado: “los procedimientos propuestos para la unión de estas barras, empleando una junta directa a tope, cumplen con los requerimientos de calificación del código ANSI/AWS D1.4-05”.
- Hurtado afirma que: “las barras corrugadas de acero, presentan muy buena soldabilidad, puesto que se obtuvieron uniones soldadas sanas y con las propiedades mecánicas requeridas”.

Lobos (2013), desarrolló la tesis titulada Análisis y recomendaciones prácticas de la soldadura en uniones a tope del acero corrugado N° 8, grado 60, norma ASTM A615, disponible en el mercado guatemalteco. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Lobos afirma que: “se realiza un análisis técnico de la viabilidad de realizar uniones por soldadura a tope en barras corrugadas N°8, norma ASTM A615 Grado 60. El análisis se hace mediante herramientas técnicas y criterios metalúrgicos, partiendo de los fundamentos básicos del acero y sus características, hasta llegar al cálculo de los parámetros de soldadura bajo los cuales se realizaron distintas probetas que fueron ensayadas, y que, las conclusiones más relevantes son:

- Las consecuencias que un proceso de soldadura puede tener en un acero, son debidas al comportamiento de las estructuras cristalinas del acero con el aumento y decremento de temperatura de dichos ciclos térmicos, y el tipo de acero depende principalmente de la formación de estructuras frágiles, así como fisuras y defectos; de esto derivan los cuidados que se pueden requerir al realizar una unión soldada. Además, los parámetros básicos son: el precalentamiento necesario, el tipo de electrodo y las directrices normadas que existen para realizar las uniones.
- Todas las uniones, tanto con electrodo E-7018 (fuera de norma) como con E-9018, cumplieron con los requerimientos mecánicos del ACI. Sin embargo, es injustificable técnicamente utilizar el electrodo E-7018, debido a la norma AWS D1.4 y que las resistencias tanto nominales como reales están por debajo de las resistencias de las barras, y por ende las rupturas sucederán en las soldaduras, lo que sacrifica una buena parte del porcentaje de elongación, cuya importancia es enorme, especialmente en zonas sísmicas.
- A través de la prueba de doblado, se comprobó que la ductilidad de las soldaduras E-7018 es prácticamente nula, siendo una razón que vuelve injustificable el uso de electrodo E-7018.

- Las uniones con electrodo E-9018, cumplen con la norma de Estados Unidos y en general presenta una resistencia a la ruptura mayor a la resistencia real de las barras, lo que asegura que se desarrollará todo el potencial del refuerzo y que estas resistencias estarán de acuerdo con el resto de refuerzo no soldado utilizado en el proyecto, por lo que para la aleación y el diámetro de barra ensayado, la unión por soldadura con los parámetros adecuados, es viable, aunque si fuera posible realizar traslapes en lugar de soldaduras, se debería hacer, ya que no siempre se cuenta con la mano de obra calificada que garantice la calidad de las uniones soldadas”.

Díaz (2014), desarrolló la tesis denominada *Soldabilidad del acero corrugado ASTM A 615 GRADO 60 en relación al acero corrugado ASTM A 706 GRADO 60*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Díaz, afirma que: “Estudió la soldabilidad de las barras de refuerzo producidas de acuerdo con la normativa ASTM A615 (NTP. 341.031) en relación a la soldabilidad del acero corrugado de refuerzo de la normativa ASTM A706 (NTP. 339.186). Se ensayaron a tensión a la falla en una máquina universal un total de 50 muestras de diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4". Las variables fueron: tipo de acero, tipos de electrodo, y los tipos de discontinuidades de la soldadura. Con los resultados de los ensayos de las barras soldadas y de los valores obtenidos en las curvas esfuerzo deformación, se evaluaron sus modos de falla y parámetros que definen estas curvas”. Las conclusiones más importantes de esta tesis son:

- Según Díaz: “En las soldaduras en donde se utilizó electrodos E-7018 se obtuvo mayor cantidad de poros interiores que en soldaduras realizadas con electrodos E-6011”.
- Para Díaz: “No existe grandes diferencias de discontinuidades presentadas en soldaduras de ambos tipos de acero”.
- Díaz afirma que: “Las deformaciones máximas alcanzadas en soldaduras realizadas con el electrodo E-7018, tuvo mejores resultados para ambos tipos de acero. Sin embargo, el acero de la norma ASTM A706, llega a deformaciones máximas del 0.05 a 0.06, el cual presenta mayores valores que el acero ASTM A615, que alcanza valores máximos de deformación de 0.03 a 0.04”.
- Díaz manifiesta que: “Los valores obtenidos de la relación F_{su}/F_y en soldaduras donde se utilizó electrodos E-6011 para barra ASTM A615 y ASTM A706,

alcanzaron valores por debajo del mínimo 1.25, recomendado por la norma ANSI/AWS D1.4-05”.

- Díaz sostiene que: “La relación F_{su}/F_y de las barras de $\varnothing=5/8$ " soldadas con el electrodo E-7018 de la norma ASTM A615, alcanzaron el valor mínimo de 1.25 recomendado por la norma AWS. Pero, las barras de 1/2" y 3/4" no llegaron a dicho valor”.
- Según Díaz: “Los valores obtenidos de la relación F_{su}/F_y en soldaduras con electrodo E-7018 en barras ASTM A706 llegaron a valores mayores al mínimo especificado por la norma AWS, y las barras de 1/2" y 5/8" llegaron a valores por encima de 1.32”.
- Díaz dice que: “El valor promedio de las deformaciones alcanzadas por las barras ASTM A615 soldadas con electrodos E-6011, es el 97% del valor promedio de las deformaciones de las barras ASTM A706 soldadas con el mismo electrodo”.
- Díaz afirma que: “El valor promedio de las deformaciones de las barras ASTM A615 soldadas con electrodos E7018, es el 86% del valor promedio de las deformaciones de las barras ASTM A706 soldadas con el mismo electrodo”.
- Según Díaz: “El valor promedio de la relación F_{su}/F_y de las barras ASTM A615 soldadas con electrodos E-6011, es el 98% del valor promedio de las barras ASTM A706 soldadas con el mismo electrodo”.
- Díaz dice que: “El valor promedio de la relación F_{su}/F_y de las barras ASTM A615 soldadas con electrodos E-7018, es el 95% del valor promedio de las barras ASTM A706 soldadas con el mismo electrodo”.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. *Relación Tensión-Deformación*

Cervera y Blanco (2015), afirman que: “La relación real entre tensión y deformación de un material se determina de forma experimental mediante ensayos en laboratorio. Los ensayos más simples de realizar son los de tracción o de compresión pura sobre probetas cilíndricas o prismáticas normalizadas. Estos ensayos se realizan aplicando en los extremos de la probeta una fuerza P en dirección del eje de la misma” (p.25).

Hibbeler (2011), sostiene que: “La representación gráfica de los resultados del esfuerzo y deformaciones, calculados a partir de los datos de la carga y la deformación correspondiente, determina una curva llamada diagrama esfuerzo-deformación, siendo

esta para un material particular muy similares, pero nunca exactamente iguales, ya que dependen de variables como la composición del material, imperfecciones microscópicas, la forma en que se fabrica, la rapidez con que se aplica la carga y la temperatura durante la realización del ensayo”. Hibbeler, manifiesta las hay 2 maneras de describir dicha curva.

2.2.1.1. Diagrama esfuerzo-deformación convencional

Hibbeler, nos dice que: “Se puede determinar el esfuerzo nominal o de ingeniería al dividir la carga aplicada P entre el área A_0 de la sección transversal original de la probeta. En este cálculo se supone que el esfuerzo es constante en la sección transversal y en toda la longitud calibrada” (p.83). El autor indica la siguiente ecuación para el cálculo del esfuerzo:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

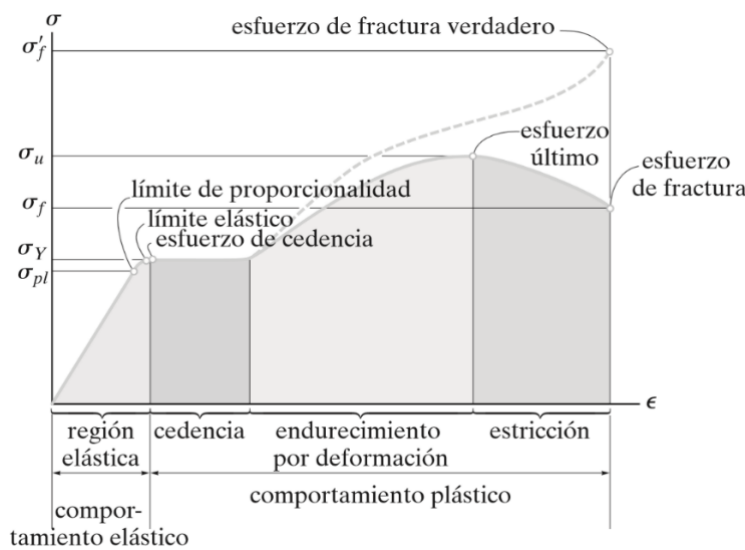
Asimismo, Hibbeler, aclara que: “la deformación nominal o de ingeniería se determina de manera directa al leer el medidor de deformación, o al dividir el cambio δ en la longitud calibrada de la probeta entre la longitud calibrada original L_0 de la probeta” (p.83). Del mismo modo, Cervera y Blanco, sostienen que: “esta deformación axial, es el resultado de la división entre el alargamiento producida por la fuerza axial y la longitud calibrada de la probeta”.

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

Además, Hibbeler, aclara que, el diagrama de esfuerzo-deformación convencional es cuando los valores del esfuerzo se ubican en el eje vertical y las deformaciones en el eje horizontal, e identifica las siguientes cuatro formas de comportamiento del material de acero. Las cuatro etapas se representan en la Figura 1.

Figura 1

Diagramas de Esfuerzo-Deformación Convencional y Verdadero del Material Dúctil



Nota. Fuente: Hibbeler (2011). Mecánica de Materiales

a) Comportamiento elástico

Para Hibbeler: “en esta región la curva es una línea recta en la mayor parte, donde el límite superior del esfuerzo es el límite de proporcionalidad (σ_{pl}), en este tramo el esfuerzo es proporcional a la deformación, y el material en esta sección es elástico lineal. Además, después del límite de proporcionalidad, la curva tiende a doblarse y aplanarse, hasta que el esfuerzo es igual al límite elástico, y si en este punto, si se retira la carga, la probeta recuperará su forma inicial. Asimismo, el límite elástico es difícil de determinar para el acero porque se encuentra muy próximo al límite de proporcionalidad”.

Según, Cervera y Blanco: “en este tramo, el valor de la pendiente es el módulo de elasticidad o de Young (E) y que el (...) *coeficiente de Poisson puede calcularse como la relación entre la deformación transversal y la longitudinal*, $\nu = -\epsilon_t/\epsilon$ ” (p.56).

b) Cedencia o Fluencia

Hibbeler, afirma que: “la cedencia ocurre cuando el esfuerzo sobrepasa ligeramente al límite elástico, originando un rompimiento del material y que se deforme permanentemente, y en este tramo el material es perfectamente plástico. El esfuerzo que origina la cedencia es el esfuerzo de fluencia (σ_y) y la deformación que se produce es la deformación plástica. Asimismo, aclara que, el punto de fluencia se caracteriza por el punto de cedencia superior, que ocurre primero, con una disminución

súbita de la capacidad de carga hasta el punto de cedencia inferior, y que después del punto de fluencia, la probeta seguirá alargándose sin aumento en la carga”.

c) Endurecimiento por deformación

“Se desarrolla cuando hay un incremento de la carga, por lo cual la curva asciende continuamente y se vuelve más plana hasta llegar a un esfuerzo máximo ó esfuerzo último (σ_u), y que a este incremento en la curva se llama endurecimiento por deformación” (Hibbeler, 2011).

d) Estricción

Según Hibbeler: “el área de la sección transversal de la probeta disminuye uniformemente en toda la longitud calibrada de la probeta, al alargarse hasta llegar al esfuerzo último, y que justo después de este esfuerzo, dicha área, inicia a disminuir en una región localizada de la probeta, formándose una constricción en dicha parte, continuando la probeta alargándose más, mientras que el diagrama se curva hacia abajo hasta que se rompe la probeta, con el esfuerzo de fractura”.

2.2.1.2. Diagrama esfuerzo-deformación verdadero

Para Hibbeler: “en este diagrama se utilizan, el área de la sección transversal y la longitud reales de la probeta en el instante en que se mide la carga. Asimismo, (...) *en el diagrama σ - ϵ verdadero, el área real A dentro de la región de estricción siempre es decreciente hasta la fractura, σ_f , por lo que el material soporta en realidad un esfuerzo creciente, ya que $\sigma = P/A$ ” (p.85). En la Figura 1 se observa dicha curva mediante una línea discontinua.*

Adicionalmente, Hibbeler nos dice que, la mayor parte de los diseños se hace para que el material soporte solo el rango elástico, y en esta región la diferencia entre curvas es mínima, siendo una razón para el uso de diagramas de esfuerzo-deformación convencionales.

Según, Bueno (2006): “una de las hipótesis básicas aplicable al estudio de deformaciones plásticas en metales es suponer que estos son incompresibles. Experimentalmente se ha comprobado que esta hipótesis es correcta, ya que después de que un metal ha sufrido una gran deformación plástica su densidad varía menos de un 0,1 %. Por tanto, no está alejado de la realidad suponer que durante la deformación plástica el volumen del sólido permanece constante, es decir que $A_0.L_0 = A.L$ ” (p.101).

Además, Bueno, sostiene que: “aplicando dicha ecuación, se obtiene una de las ecuaciones formuladas por Nadai (1933), que nos relaciona las tensiones convencionales (de ingeniería) con las reales”.

$$\sigma_{real} = \sigma(1 + \epsilon)$$

Bueno, afirma que: “en este diagrama, en el cálculo de la deformación no se usará la longitud inicial, se deberá medir respecto a la longitud que presenta en cada momento, ya que la longitud de la probeta se va incrementando, según la siguiente ecuación:

$$\epsilon_{real} = \int \frac{dL}{L} = \text{Ln} \frac{L}{L_0},$$

Que, mediante la aplicación del volumen constante, se obtiene la ecuación formulada por Nadai (1933), que relaciona las deformaciones en ambos diagramas:

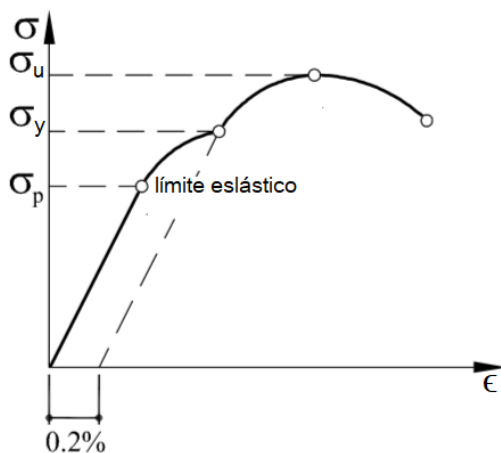
$$\epsilon_{real} = \text{Ln} (1 + \epsilon)$$

Dichas ecuaciones (...) asumen las condiciones de volumen constante y distribución homogénea de deformaciones en toda la longitud de la muestra por lo que pueden emplearse únicamente, hasta el comienzo de la estricción, es decir hasta la deformación bajo carga máxima (ϵ_{max}) (...) (Bueno, 2006, p.103).

Respecto a los materiales frágiles, Cervera y Blanco, indican que, “(...) *no se presenta una zona de fluencia plástica bien definida (...)*” (p.59), tomando convencionalmente como tensión de fluencia (cedencia), correspondiente a una deformación permanente de 0.2%. Además, para dichos autores, “(...) *estos materiales rompen con poca deformación ($\epsilon_F \sim 5\epsilon_A$), bruscamente, circunstancia peligrosa para la seguridad de las estructuras (...)*” (p.59). La Figura 2 indica la curva de esfuerzo-deformación de materiales frágiles.

Figura 2

Curva de Esfuerzo-Deformación Para Materiales Frágiles



Nota. Fuente: Cervera y Blanco (2015). Ductilidad en armaduras pasivas.

Asimismo, indican que, el comportamiento mecánico depende de las condiciones de carga, ya que un acero dúctil en condiciones normales, estando a bajas temperaturas o altas velocidades, podría mostrar un comportamiento frágil, y que materiales como el hierro fundido y el vidrio muestran ductilidad a altas temperaturas.

2.2.1.3. Ley Constitutiva

En su tesis doctoral, Bueno (2006) afirma que: “existen varias expresiones empíricas que han sido propuestas para el ajuste de la curva de tensiones y deformaciones en las que se refleja el efecto del endurecimiento por deformación plástica, y que, una de las más simples y eficaces es la ecuación potencial de Hollomon, donde indica que la curva tensión-deformación real, en coordenadas logarítmicas, en el intervalo plástico de la mayoría de los metales es una recta de expresión: $Log\sigma = LogK + n.Log\epsilon \rightarrow \sigma = K. \epsilon^n$ ”

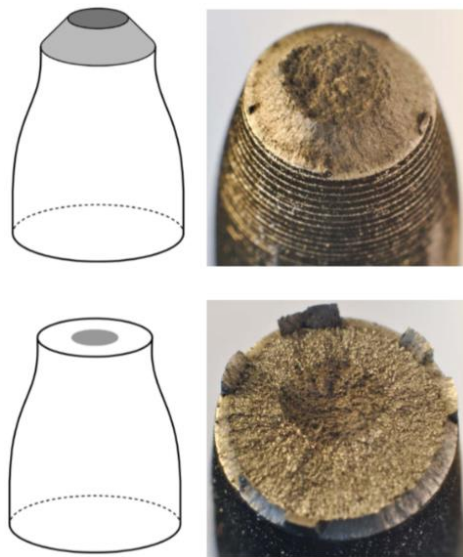
Al respecto, Bueno afirma que: “K es el valor de la tensión para una deformación unitaria y n es la deformación obtenida para la carga máxima del ensayo de tracción uniaxial, y son constantes del material. Bueno, nos dice que el factor n es un indicador del endurecimiento por deformación plástica y por ende tiene gran importancia en el sector metalúrgico, y que, en los metales, varía entre 0.10-0.50, siendo mayor el aumento de resistencia cuanto mayor su valor”.

2.2.2. Superficies de rotura en el carácter dúctil ó frágil de los metales

Suárez (2013), estudió los comportamientos diferentes en los mecanismos de rotura observables de aceros con bajo contenido de carbono, que corresponde a barras de refuerzo de concreto y aceros con alto contenido de carbono, que son los alambrones usados en la fabricación de alambres de pretensado. Asimismo, Suarez, manifiesta que: “las primeras barras tienen superficie de rotura en forma de copa y cono, mientras que los alambrones poseen rotura plana y perpendicular al eje de aplicación de la carga con escasa información experimental”. En la Figura 3 se observan los tipos de falla.

Figura 3

Superficies de Rotura

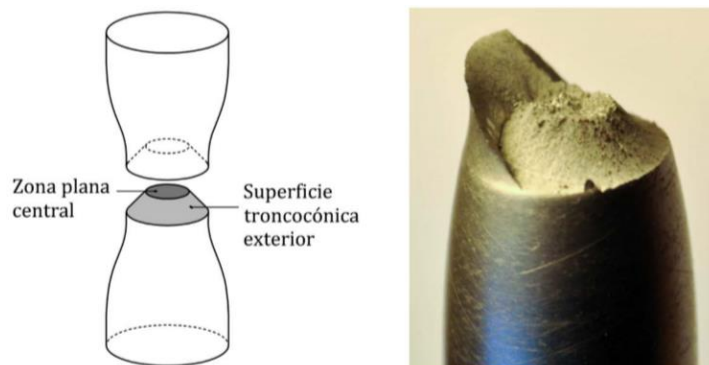


Nota. Rotura en forma de copa y cono (izquierda) y rotura plana perpendicular a la dirección de aplicación de carga (derecha). Fuente: Suárez. (2013).

Asimismo, “la superficie de rotura que presenta una barra cilíndrica fabricada con un material dúctil tras un ensayo de tracción simple es referida habitualmente como superficie en copa y cono (...). Dicha superficie presenta una zona central perpendicular al eje de aplicación de la carga y una superficie troncocónica circundante” (Suárez, 2013, p.37). En la Figura 4 se observa la rotura en forma de copa y cono.

Figura 4

Rotura en Forma de Copa y Cono



Nota. Esquema de la rotura (izquierda) y rotura real en forma de copa y cono (derecha). Fuente: Suárez. (2013).

Respecto a la superficie de rotura plana, Suárez, manifiesta que, “hay una región oscura en su interior y que no encontró documentación sobre este tipo de falla en materiales dúctiles”.

Por otra parte, Suarez, en su tesis, planteó la hipótesis: “*la rotura de los materiales dúctiles cuyo frente de rotura es plano puede estar gobernada por mecanismos de rotura frágil*” (p.54). Asimismo, Suarez, afirma que, “se centró en el último tramo de la curva $\sigma - \epsilon$, abarcando desde el instante de carga máxima hasta la rotura final del elemento traccionado”. Y posteriormente confirmó dicha hipótesis, puesto que, Suarez concluye que: “*el tamaño de la región circular oscura que se observa en las superficies de rotura de las probetas del alambroón ensayadas a tracción simple no crece de manera proporcional con el diámetro de la probeta y sugiere un cambio de comportamiento de dúctil a frágil en rotura (...). Dicha región oscura corresponde a un debilitamiento del material, asemejándola a una entalla circular perpendicular al eje de la probeta*” (p.202).

2.2.3. Aceros al Carbono

Según la American Welding Society (2011), “los aceros al carbono son aleaciones de hierro y carbono, donde el carbono generalmente no es mayor al 1.0%, el manganeso no excede el 1.65%, el cobre y el silicio no exceden el 0.60%, y otros elementos de aleación en cantidades más que residuales. Además, las propiedades y soldabilidad de estos aceros dependen principalmente del contenido de carbono”. La Tabla 1 muestra los tipos de acero al carbono.

Tabla 1*Clasificación y Soldabilidad de Aceros al Carbono*

Nombre común	% de Carbono	Dureza Típica	Uso Típico	Soldabilidad
Acero bajo en carbono	0.15 máx.	60 HRB	Placas y formas especiales, láminas, tiras, electrodos de soldadura.	Excelente
Acero suave	0.15-0.30	90 HRB	Formas estructurales, placa y barra.	Bueno
Acero al carbono medio	0.30-0.50	25 HRC	Piezas de máquinas y herramientas	Regular (normalmente se requiere precalentamiento y poscalentamiento; se recomienda un proceso de soldadura con bajo contenido de hidrógeno)
Acero de alto carbono	0.50-1.00	40 HRC	Resortes, troqueles, ferrocarril	Deficiente (se requiere proceso de soldadura con bajo contenido de hidrógeno, precalentamiento y poscalentamiento)

Nota. HRB es la escala de dureza Rocwell “B” y HRC es la escala de dureza Rockwell “C”. Fuente: American Welding Society (2011). Welding Handbook. Materials and Applications, part.1

2.2.4. Acero de Refuerzo

Del Valle, Pérez y Martínez (2001), afirman que, es el material del concreto reforzado que le dota una destacada resistencia a la tracción y es una aleación fierro/carbono, que generalmente tiene un acabado superficial en relieve llamado corrugado.

2.2.4.1. Barras de Acero Corrugado

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2007), indica que, “son barras de acero de sección redonda con la superficie estriada, o con resaltes, para facilitar su adherencia al concreto al utilizarse en la industria de la construcción, que se fabrican cumpliendo estrictamente las especificaciones que señalan el límite de fluencia, resistencia a la tracción y su alargamiento, así como su composición química, que las especificaciones también señalan dimensiones y tolerancias. Se identifican por su diámetro, que puede ser en pulgadas o milímetros. Las longitudes usuales son de 9 metros y 12 metros de largo”.

Castro (2010), menciona que, en la actualidad los fabricantes de aceros de construcción cubren el 100% de la creciente demanda nacional de barras de construcción que se emplean como refuerzo del concreto, y son las siguientes:

- Empresa Corporación Aceros Arequipa S.A.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (SIDERPERU).

Corporación Aceros Arequipa S.A (2016) y Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A (2018), indican que, la composición química, las propiedades mecánicas y las tolerancias dimensionales de los aceros para barras de construcción (refuerzo de concreto armado) están de acuerdo con las siguientes normas:

- ASTM A615 (American Society for Testing and Materials).
- NORMA TÉCNICA PERUANA 341.031: Acero Grado 60.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2007), señala que en la estructura ASTM A615/A615M 96a Grado 60, ASTM es la Norma, A615/A615M es el código en el sistema inglés o en el sistema métrico, 96 es el año de adopción y “a” refiere a la revisión del año. Asimismo, indica que, el grado 60 significa un límite de fluencia mínimo de 60 000 libras por pulgada cuadrada de las barras de construcción. Estas consideraciones son las mismas para las varillas corrugadas de SIDER PERÚ mostrado en la Figura 5.

Figura 5

Varilla de Acero ASTM A615 de Grado 60



Nota. Varilla corrugada fabricada por la casa SIDERPERU, según las normas ASTM A615/A615M G60 y NTP 341.031 G60. Fuente: Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A (2018). Barras de Construcción.

Para la composición química, la NTP 341.031 señala que, “se deberá hacer un análisis de cada colada a partir de probetas tomadas durante el vaciado de las coladas, que se deberá determinar los porcentajes de carbono, manganeso, fósforo y azufre, y el contenido de fósforo no deberá exceder el 0.06%”.

Otazzi (2004), manifiesta que, “en los Estados Unidos diferencian los diámetros asignándoles un número relacionado con el diámetro de la barra expresado en octavos de pulgada (por ejemplo, la barra #5 es de 5/8”, la #6 es de 3/4”); el área de las barras puede ser calculada directamente del diámetro nominal, y que las barras fabricadas por SIDERPERU y Aceros Arequipa vienen en longitudes de 9m, de diámetros de 8 mm, 12 mm, 3/8”, 1/2”, 5/8”, 3/4”, 1”, 1 3/8”. Además, bajo condiciones de pedido, Aceros Arequipa fabrica barras de 12 m de longitud, y barras de 6 mm”. La Tabla 2 muestra las principales características de las varillas de refuerzo fabricadas en el Perú.

Tabla 2

Características de las Barras ASTM A-615

Designación	Diámetro	Diámetro	Área	Peso	Observaciones
2	1/4	6.4	0.32	0.250	Liso

3	3/8	9.5	0.71	0.560	
4	1/2	12.7	1.29	0.994	
5	5/8	15.9	2.00	1.552	
6	3/4	19.1	2.84	2.235	
8	1	25.4	5.10	3.973	
11	1 7/8	35.8	10.06	7.907	
6 mm (*)		6	0.28	0.222	Ac. Arequipa
8 mm		8	0.50	0.395	Ac. Arequipa
12 mm		12	1.13	0.888	Ac. Arequipa
7	7/8	22.2	3.87	3.042	No disponible
9	1 1/8	28.7	6.45	5.060	No disponible
10	1 1/4	32.3	8.19	6.404	No disponible
14	1 11/16	43.0	14.52	11.380	No disponible
18	2 1/4	57.3	25.81	20.240	No disponible

Nota. Fuente: Otazzi (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado.

(*) Acero de 6 mm corrugado. También se comercializa en rollos.

Otazzi (2004), indica que, “las normas ASTM cubre las siguientes calidades de acero y se emplean como refuerzo del concreto”. Asimismo, Otazzi, señala en la Tabla 3 el esfuerzo de fluencia (f_y) mínimo y máximo, el esfuerzo máximo ó último (f_u) mínimo, al cual se le llama resistencia a la tracción (tensile strength).

Tabla 3

Calidades del Acero de Refuerzo

Grado	ASTM	f_y min (Kg/cm ²)	f_y max (Kg/cm ²)	f_u min (Kg/cm ²)	f_u/f_y (min)
40	A 615	2,800	--	4,200	--
60	A 615	4,200	--	6,300	--

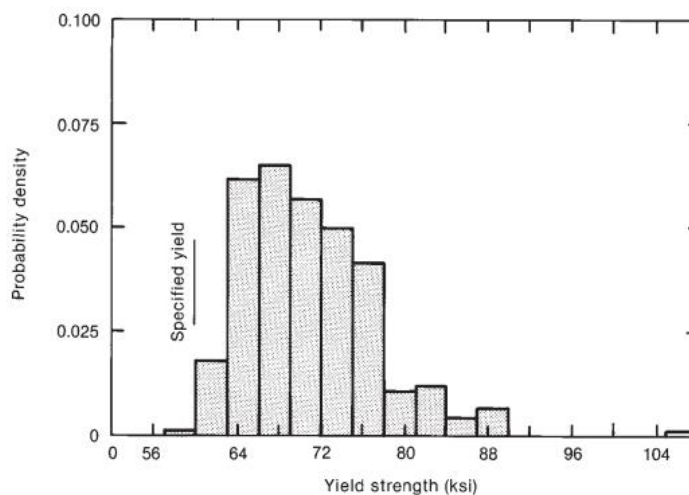
75	A 615	5,300	--	7,000	--
60	A 706	4,200	5,500	5,600	1.25

Nota. Fuente: Otazzi (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado

Wight y McGregor (2012), afirman mediante la Figura 6 que: “en los ensayos de laboratorio, el valor de f_y real puede ser mayor que el nominal, incluso valores de f_y un 10% a 30% por encima del nominal, correspondiente a muestras de la producción de acero Grado 60 en los Estados Unidos”.

Figura 6

Distribución de Esfuerzos de Fluencia de Aceros Grado 60



Nota. Los esfuerzos de fluencia se determinaron del ensayo de tracción. Fuente: Wight y Gregor (2012). Reinforced Concrete Mechanics and Design 6E.

Adicionando a lo anterior, Otazzi afirma que, “el valor f_y real no es conveniente cuando está muy por encima del valor nominal, y si esto ocurre el elemento estructural tendrá una notable sobre resistencia en flexión, pudiéndose dar una falla frágil por esfuerzo cortante”.

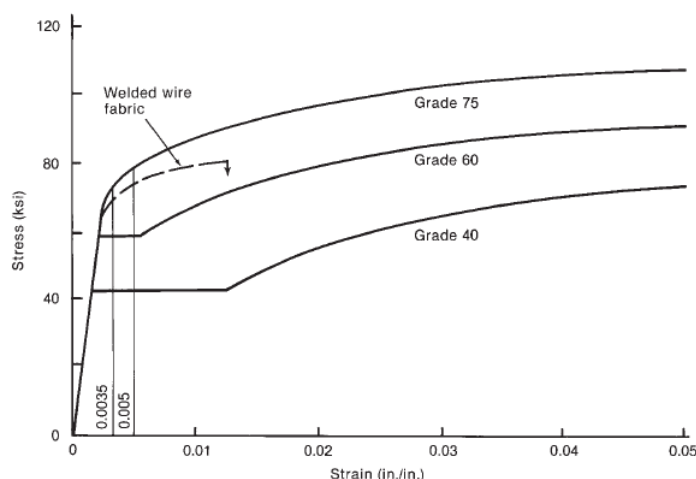
2.2.4.2. Propiedades Mecánicas de las Barras de Refuerzo

Wight y Gregor (2012), afirman indican en la Figura 7, que, “se aprecian las curvas típicas idealizadas de esfuerzo – deformación de los aceros de refuerzo de los Grados 40, 60 y 75, siendo la línea punteada la curva típica para los alambres con los cuales se fabrican las mallas electro soldadas (Welded wire fabric). La Norma ASTM A615

especifica que cuando no se tenga una fluencia clara, se calculará para una deformación del 0.5% para el Grado 60 y de 0.35% para el Grado 75”.

Figura 7

Curvas de Esfuerzo - Deformación Típicas del Acero de Refuerzo

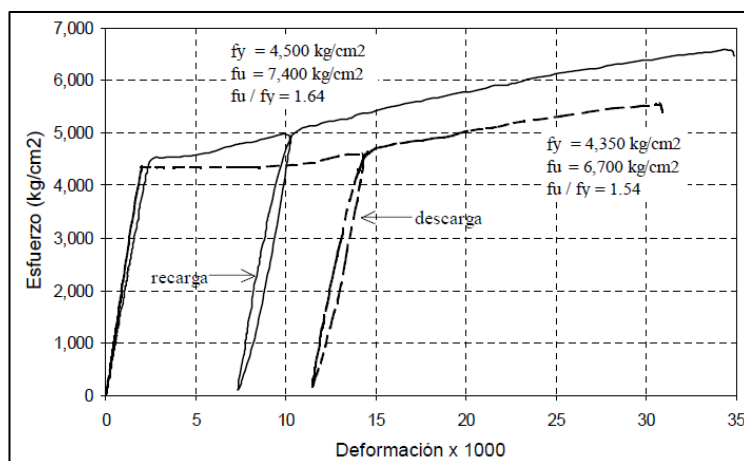


Nota. Fuente: Wight y Gregor (2012). Reinforced Concrete Mechanics and Design 6E.

Adicionalmente, Wight y Gregor (2012), afirman que, la Figura 8 muestra: “los resultados de los ensayos de dos barras de 5/8” Grado 60, fabricadas por Aceros Arequipa y las curvas de descarga y recarga, las que son paralelas a la recta inicial de carga, y que, solo se muestra un tramo de la curva, antes de la rotura de las barras”.

Figura 8

Curvas Típicas de Aceros Nacionales de 5/8” de Grado 60



Nota. Fuente: Otazzi (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado.

Además, según Otazzi: “el alargamiento o elongación es una medida de la ductilidad del acero, y en la Tabla 4 se aprecia que la Norma ASTM exige para el acero A706 una elongación mínima alrededor del 50% mayor que la correspondiente al acero fabricado bajo la A615, por lo cual el A706 es bastante más dúctil y su empleo es recomendable en zonas de alta sismicidad”.

Tabla 4

Elongaciones Mínimas de Rotura

Designación	A615 Grado 60	A706 Grado 60
Barras # 3, 4, 5, 6	9%	14%
Barras # 7, 8	8%	12%
Barras # 9, 10, 11	7%	12%

Nota. Fuente: Otazzi (2004). Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado.

2.2.4.3. Propiedades de las Barras ASTM A615 Grado 60

- Según Otazzi (2004), “el valor mínimo de la fluencia nominal es $f_y \text{ min} = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ ”.
- Según Otazzi, “el valor mínimo del esfuerzo máximo o último (f_u) o resistencia a la tracción es de $6,300 \text{ kg/cm}^2$ ”.
- Otazzi, afirma que, “el valor equivalente del módulo de elasticidad es $E_s \approx 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$ ”.
- Para Otazzi, “la deformación en el inicio de la fluencia es $\epsilon_y = (f_y/E_s) \approx 0.0021$ ”
- Otazzi, manifiesta que, “la longitud de la plataforma de fluencia es variable”.
- Otazzi menciona que, “la deformación de rotura es mucho mayor a la deformación de fluencia (30 a 40 veces)”.
- Según Otazzi, “la elongación a la rotura está entre el 7% y 9% (tabla 3)”.
- Otazzi, dice que, “el coeficiente de dilatación es equivalente a $11 \times 10^{-6} \text{ 1/C}^\circ$, que es muy parecido al del concreto, el cual es equivalente a $10 \times 10^{-6} \text{ 1/C}^\circ$, y ambos dependen de la temperatura”.

En referencia a la Soldabilidad, Otazzi, afirma que: “el acero ASTM A615, por su composición química (carbono equivalente mayor a 0.5%) no es soldable, que es

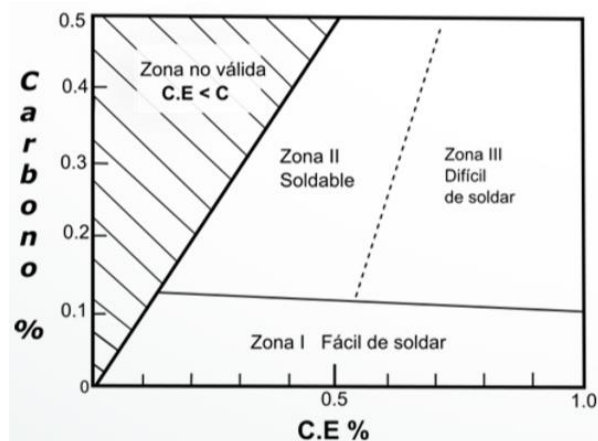
un acero difícil de soldar por el alto contenido de carbono equivalente, existiendo alta probabilidad de que se originen uniones frágiles y de baja resistencia. Asimismo se deben utilizar procedimientos adecuados para obtener soldaduras eficientes, como por ejemplo precalentar las barras y luego de soldar, controlar el enfriamiento y usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno E-7018 o E-8018, y que no es recomendable la soldadura de este acero, excepto en condiciones supervisadas y con mano de obra especializada”.

Adicional a lo anterior, Otazzi afirma que: “a diferencia del acero ASTM A615, el acero fabricado bajo la Norma ASTM A706 sí es soldable y recomendable en zonas de alto riesgo sísmico porque facilita las reparaciones y/o refuerzo de estructuras dañadas luego de sismos intensos, o en casos de reforzamiento o ampliación de una estructura, y que permite facilidad en el uso de los empalmes soldados”.

NOVACERO (2017), menciona que: “la soldabilidad de un acero depende principalmente del contenido de carbono (según la Figura 9), y mientras este elemento y otros elementos químicos como el manganeso y cromo sean mayores, más complejo será el proceso de soldadura y más probable será la fragilización en la junta”.

Figura 9

Diagrama de Graville Para Evaluación de Soldabilidad



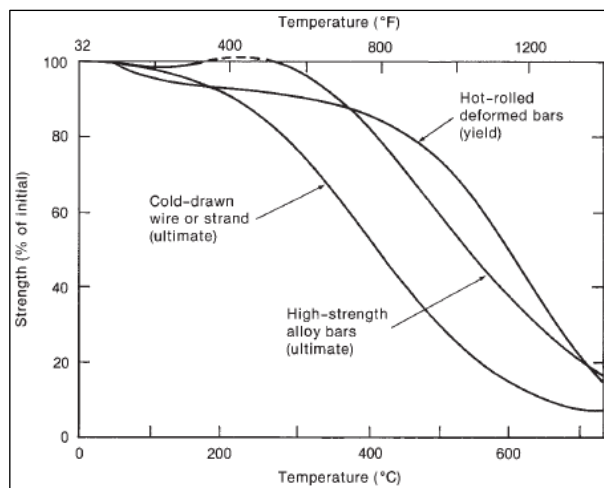
Nota. C.E% es el porcentaje de carbono equivalente. Fuente: NOVACERO (2017).

Wigth y McGregor (2012), señalan que: “el acero expuesto a altas temperaturas pierde su resistencia a través de sus propiedades mecánicas (esfuerzo de fluencia, esfuerzo último y módulo de elasticidad), y excede los 450 C°, la reducción en los esfuerzos fy y fu crece rápidamente. Asimismo, el recubrimiento de concreto protege y evita en ciertos límites que el acero de refuerzo obtenga temperaturas muy altas, evitando la

pérdida de resistencia”. Además, dichos afirman que en la Figura 10, “se muestra pérdida de resistencia para barras trabajadas (estiradas) en frío (cold-drawn), para barras laminadas en caliente (hot-rolled) y para barras de alta resistencia”.

Figura 10

Efectos de Altas Temperaturas en la Resistencia del Acero



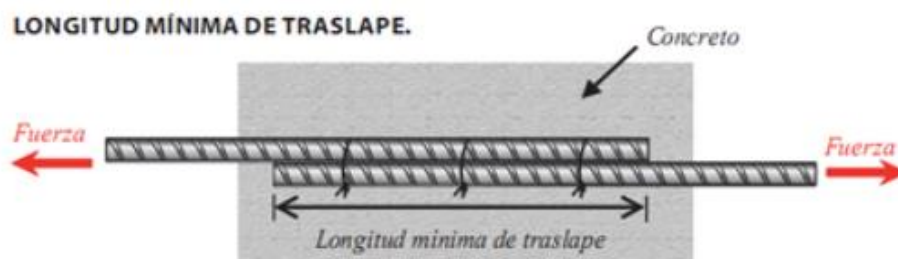
Nota. Fuente: Wight y Gregor (2012). Reinforced Concrete Mechanics and Design 6E.

2.2.5. Empalmes de Acero de Refuerzo

En los Empalmes mediante traslape, la Corporación Aceros Arequipa S.A. (2010), afirma que cuando actúa una fuerza, el traslape de las barras resistirá debido a que toda su longitud está embebida en el concreto, existiendo adherencia entre ambos materiales, y para que se cumpla es necesario una longitud mínima de traslape, por consiguiente, la estructura podrá resistir la fuerza que se le aplique. La Figura 11 indica mediante un esquema, el empalme embebido en el concreto, la longitud mínima y la fuerza aplicada.

Figura 11

Longitud de Traslape



Nota. Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2010). Manual del maestro constructor.

Además, sostiene que, la longitud de empalme depende del diámetro de la barra, de la ubicación del empalme, de la resistencia del concreto y del tipo de miembro estructural.

En relación a los Empalmes Soldados:

- a) La NTP E.060 (2009), en el artículo 12.14.3.3, indica que: *“excepto en los dispuesto en dicha norma, toda soldadura debe estar de acuerdo con “Structural Welding Code – Reinforcing Steel” (ANSI/AWS D1.4)”* (p.105).
- b) La NTP E.060, en el artículo 12.14.3.4, establece que: *“un empalme soldado debe desarrollar, por lo menos, 1.25fy de la barra”* (p.105).
- c) La NTP E.060, en el artículo 12.14.3.5, menciona que: *“los empalmes soldados (...) que no cumplan con los requisitos de los artículos 12.14.3.2 ó 12.14.3.4 se permiten sólo para barras de $\varnothing=5/8”$ ”* (p.105). Para menores diámetros deben cumplir con:
 - La NTP E.060, en el artículo 12.5.4, indica que: *“Los empalmes deben estar escalonados a distancias no menores de 600mm”* (p.106).
 - La NTP E.060, en el artículo 12.5.4, indica que: *“Al calcular las fuerzas de tracción que pueden ser desarrolladas en cada sección, el esfuerzo en el refuerzo empalmado debe tomarse como la resistencia especificada del empalme, pero no mayor que fy. El esfuerzo en el refuerzo no empalmado debe tomarse como fy veces la relación entre la menor longitud anclada más allá de la sección y ld, pero no mayor que fy”* (p.106).
 - La NTP E.060, en el artículo 12.5.4, indica que: *“La fuerza de tracción total que puede ser desarrollada en cada sección debe ser al menos el doble que la requerida por el análisis y por lo menos 140 MPa veces el área total del refuerzo proporcionado”* (p.106).

2.2.6. Soldadura

Según McCormac y Csernak (2012): “actualmente muchos ingenieros reconocen que las juntas soldadas tienen resistencias considerables a la fatiga, y la inspección de la soldadura se hace menos difícil con las reglas en la capacitación de los soldadores, la técnica mejorada utilizada y las exigencias para la mano de obra de las especificaciones de la AWS (American Welding Society). Asimismo, McCormac

y Csernak, dicen que: “Además, la química de los aceros manufacturados actualmente está especialmente formulada para mejorar su soldabilidad. Como consecuencia, la soldadura se permite ahora en casi todos los trabajos estructurales” (p.469).

Se mencionan las siguientes ventajas de la soldadura:

- Según McCormac y Csernak: “Para la mayoría de los proyectistas, es económica, porque su uso permite grandes ahorros en el peso del acero utilizado”.
- McCormac y Csernak, afirman que: “La soldadura tiene un área de aplicación mucho mayor que los remaches o los tornillos, pero una conexión soldada presentará pocas dificultades en la conexión de miembros de acero”.
- McCormac y Csernak, dicen que: “Las estructuras soldadas son más rígidas, porque los miembros por lo general están soldados directamente uno a otro, y esta mayor rigidez puede ser una desventaja cuando hay conexiones de extremo simples con baja resistencia a los momentos. Entonces, *el calculista debe tener cuidado de especificar el tipo de junta*” (p.471).
- McCormac y Csernak, afirman que: “Las estructuras se hacen continuas con la soldadura, y las juntas soldadas son tan fuertes o más que el metal base, que no debe haber limitaciones a las uniones, lo que ha permitido el montaje de muchas estructuras de acero estáticamente indeterminadas, esbeltas y atractivas”.
- McCormac y Csernak, sostienen que: “Con la soldadura es más simple realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje, y con menor costo”.
- McCormac y Csernak, indican que: “Se ahorra tiempo en el detalle, fabricación y montaje, porque se usan menos piezas”.

Respecto a los aceros al carbono, la American Welding Society (2011), precisa que se pueden usar los siguientes procesos de soldadura: “soldadura por arco metálico protegido (SMAW), soldadura por arco metálico por gas (GMAW), soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW), soldadura por arco de plasma (PAW), soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW), soldadura por arco sumergido (SAW), soldadura por electrodo (ESW), soldadura por electrogas (EGW), soldadura por gas de combustible oxigenado (OFW), soldadura por resistencia (RW), soldadura por haz de electrones (EBW), soldadura por haz láser (LBW) y la soldadura por fricción (FW)”.

El Comité de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) clasifica y publica las especificaciones de los metales de relleno utilizados con estos procesos sobre

metales de relleno y materiales afines, y afirma que, estos aceros también pueden unirse mediante procesos de soldadura por resistencia y por estado sólido.

En la siguiente sección se describen los procesos de soldadura SMAW y GMAW, que son recomendados por el código AWS D1.4/D1.4M y además se detalla el proceso GTAW, aunque este último no es mencionado en dicha norma, se aplicará en esta investigación para verificar el cumplimiento de la norma en términos de resistencia.

2.2.6.1. Soldadura por Arco Metálico Protegido (Shielded Metal Arc Welding)

Según, American Welding Society (2004): “La soldadura por arco metálico protegido (SMAW) es un proceso que utiliza un arco entre un electrodo cubierto y un baño de soldadura, y a medida que el soldador alimenta constantemente el electrodo cubierto dentro del baño de soldadura, la descomposición del recubrimiento genera gases que protegen el baño. El proceso se usa sin la aplicación de presión, con metal de relleno del electrodo cubierto, que se usa para unir y para aplicar una superficie funcional a los metales base”.

American Welding Society, señala que, como consecuencia de las variaciones posibles en la composición del recubrimiento del electrodo y la selección química del núcleo del alambre, el proceso puede producir amplia gama de depósitos de metal de soldadura con propiedades mecánicas y físicas deseables, al tiempo que proporciona un arco suave, transferencia de metal uniforme características y facilidad de operación, por lo cual, es el proceso favorito de muchos soldadores y fabricantes, es uno de los procesos más antiguos y simples, y continúa siendo muy utilizado.

2.2.6.1.1. Fundamentos del Proceso

Según, American Welding Society (2004): “Este proceso es un método para unir dos piezas de metal o agregar metal a una superficie metálica existente, describe al término protegido como la capacidad de desplazar el aire que rodea la soldadura para evitar los efectos nocivos de los gases en el aire, al término metal como el núcleo del electrodo, que según el autor, es una varilla conductora que aporta una porción sustancial de metal líquido al baño de soldadura, y al término arco como la descarga de plasma que convierte la energía eléctrica en calor (figura 13)”.

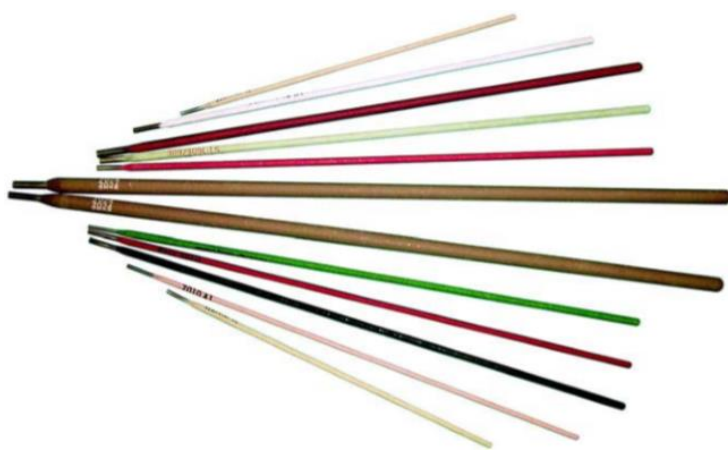
La AWS indica que: “este proceso se distingue de los demás porque los metales están unidos por fusión y que tienen la particularidad de la presencia física de la cubierta (revestimiento) que rodea el alambre del núcleo del electrodo consumible. Asimismo, afirma que la varilla cubierta se denomina electrodo porque *funciona como*

el terminal desde el cual el flujo eléctrico cambia del sólido conductor al plasma conductor del arco de soldadura” (p.53).

Según la AWS, “el electrodo protege el arco y el metal de soldadura, agrega metal a la soldadura y sostiene un arco de soldadura, gracias a los componentes de la cubierta en el núcleo de metal del electrodo”. La Figura 12 muestra varios electrodos SMAW típicos.

Figura 12

Electrodos Cubiertos Típicos Usados en el Proceso SMAW



Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

El autor clasifica a los electrodos cubiertos SMAW para su uso en categorías de material base. Además, la AWS afirma que: “Los electrodos de acero al carbono se describen en la AWS A5.1, que indica, por ejemplo, en E6010, que la "E" designa un electrodo (un material que funciona como terminal eléctrico o unión), que los dos primeros dígitos, 60, especifican la resistencia a la tracción mínima del metal de soldadura sin diluir (ksi), que el tercer dígito, 1, representa que en todas las posiciones de soldadura se puede aplicar el electrodo y el último dígito junto con el dígito anterior, 10, designa el tipo de recubrimiento en el electrodo y el tipo de corriente con la que se puede usar el electrodo. Así mismo, dicha especificación señala que, la letra "R" se agrega si el contenido de humedad de la cubierta es igual o menor que los límites especificados para los electrodos fabricados, incluso después de la exposición atmosférica de los electrodos, y que la letra "H" seguida inmediatamente por un número indica el nivel del contenido de hidrógeno (2, 4, 8 o 16) si una prueba de hidrógeno se realiza con éxito”. La AWS señala que: “Por ejemplo, “E7018H4R es

designador para un electrodo con bajo contenido de hidrógeno que es resistente a la humedad y cuando se prueba con hidrógeno, da resultados que son inferiores a 4 mililitros por 100 gramos de metal depositado” (American Welding Society, 2004, p.70).

Por otra parte el autor, afirma que, una cubierta húmeda del electrodo puede incrementar la salpicadura, desestabilizar el arco y causar porosidad y que la absorción de dióxido de carbono se ha asociado con un deterioro de la apariencia y tenacidad de la cubierta.

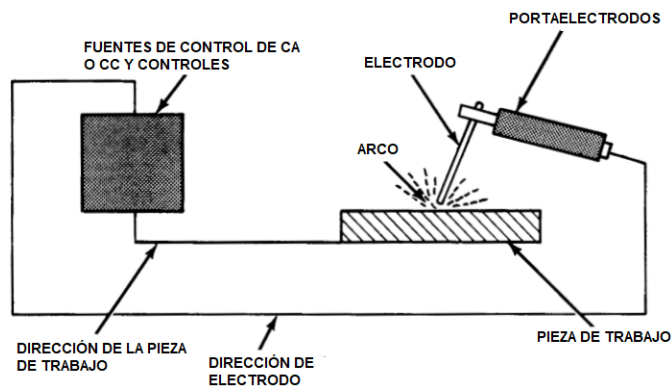
2.2.6.1.2. Principios de Operación

American Welding Society (2004), sostiene que: “Para convertir la energía o el combustible de la línea eléctrica en calor, este proceso usa un circuito eléctrico que soporta un arco de soldadura y su calor extremo realiza la fundición de una parte de la pieza de trabajo y el extremo del electrodo”. Asimismo, la AWS afirma que, “Al operar el soldador mantiene la longitud del arco manteniendo un espacio constante entre el electrodo y el baño de soldadura que se forma en la pieza de trabajo; y mientras se retira el arco, el líquido se fusiona y la masa fundida se solidifica en metal continuo” (p. 53).

La Figura 13 señala el esquema de este proceso. El autor muestra que, la fuente de alimentación está conectada a un circuito con el electrodo y la pieza de trabajo en serie, el cable de soldadura utilizado en el circuito, el portaelectrodo y la conexión entre el cable y la pieza de trabajo, con corrientes continuas (CC) o alternas (CA). Así mismo explica que, la fuente de alimentación tiene dos terminales de salida distintos, donde en un terminal se realiza una conexión a la pieza de trabajo y desde el otro terminal la conexión al electrodo.

Figura 13

Elementos del Circuito Típico de Soldadura SMAW

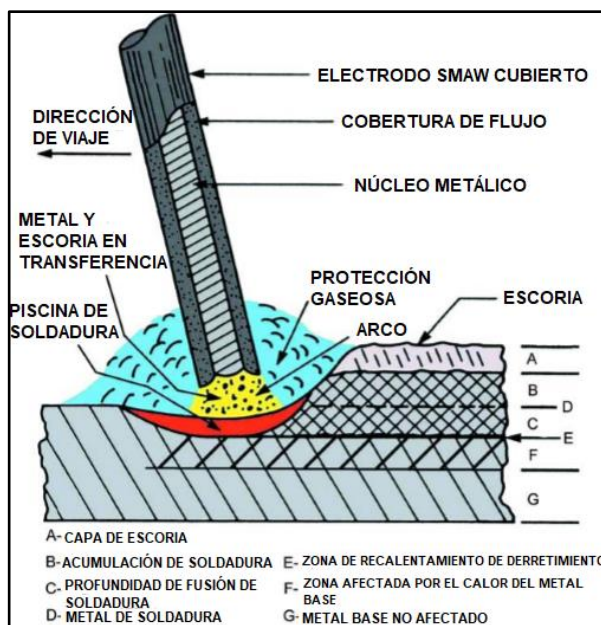


Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

Por otra parte, la AWS describe a la zona dañada por el calor, como, “el área de cambio no fundida y tendrá propiedades mecánicas que son diferentes del equilibrio de la pieza de trabajo”. En la Figura 14 se observa dicha zona.

Figura 14

Esquema de la Soldadura SMAW



Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

El AWS (2004), indica que: “Durante el proceso, en el borde posterior del baño de soldadura, la escoria avanza con el movimiento del electrodo”. Asimismo, la AWS

menciona que: “*La escoria consiste en compuestos fundentes solidificados, metales oxidados, productos de descomposición y óxidos de alto punto de fusión*” (p.55). El autor menciona que, “*tienden a congelarse antes de que el metal de soldadura se solidifique y por su densidad menor, flotarán hacia la parte superior, formando un revestimiento protector en el cordón de soldadura, siendo mejor una cantidad mínima que cubre uniformemente el cordón, protegiendo de la atmósfera a la superficie que está a alta temperatura y cumpliendo la función de barrera térmica que reduce la velocidad de enfriamiento del metal de soldadura. Además, el afirma que, la eliminación o fractura prematura de la escoria puede causar decoloración de la soldadura ó coloración múltiple en aceros inoxidable, siendo la separación de la escoria un aspecto importante de la limpieza de la soldadura, y en su mayor parte se realiza fácilmente, lo que contribuye a la eficiencia del proceso*”.

2.2.6.1.3. Ventajas del Proceso

La American Welding Society (2004), describe las siguientes ventajas:

- “Gran variedad de metales y aleaciones que el proceso es capaz de soldar.
- Hay procedimientos y electrodos disponibles para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros de alta aleación, aceros recubiertos, aceros para herramientas y matrices, aceros inoxidables y resistentes al calor, fundiciones, aleaciones de cobre y cobre, aleaciones de níquel y cobalto.
- El proceso también se puede utilizar para algunas aplicaciones de aluminio.
- El equipo es relativamente simple, económico y portátil.
- El electrodo SMAW proporciona la protección y el metal de relleno.
- No se requiere protección de gas auxiliar o flujo granular.
- El proceso es menos sensible al viento que los procesos de soldadura por arco con protección de gas.
- Las dimensiones de los electrodos SMAW son ideales para alcanzar áreas de acceso limitado.
- El proceso es adecuado para la mayoría de los metales y aleaciones comúnmente utilizados.
- El proceso es flexible y puede aplicarse a una variedad de configuraciones de juntas y posiciones de soldadura.
- Se pueden obtener resultados óptimos de manera fácil y confiable”.

2.2.6.1.4. Aplicaciones

La AWS (2004) nos dice que, “una revisión de la naturaleza de los materiales base, la disponibilidad y selección del electrodo apropiado, la posición de soldadura, las dimensiones de las piezas de trabajo, la orientación de la soldadura y las condiciones ambientales en el sitio del proyecto, son factores que se requiere para la aplicación del proceso SMAW”.

Respecto a la posición de soldadura “*se define por la orientación de la junta, el metal base, el electrodo SMAW y el baño de soldadura en relación con la tierra*” (American Welding Society, 2004, pág.82). La AWS afirma que, “es una variable importante que puede afectar la calidad del metal de soldadura y se identifican como planas, horizontales, verticales y elevadas, donde en la posición horizontal se usan electrodos más grandes con tasas de deposición más altas y se requiere menos habilidad del soldador y en uniones verticales y elevadas, electrodos de menor diámetro con tasas de deposición más bajas y con más habilidad del soldador”.

Asimismo, la AWS opina que, “este proceso es fácilmente adaptable a ubicaciones y entornos variados debido a la sencillez y la portabilidad de los equipos, efectuándose en interiores o exteriores”.

2.2.6.1.5. Diseño y Preparación de Juntas

Para la AWS, “la unión de soldadura es la unión de miembros o los bordes de miembros y es el volumen ocupado o por ser ocupado por el metal de soldadura, y si la junta está diseñada y preparada apropiadamente, poseerá propiedades mecánicas y funciones deseadas”.

2.2.6.1.6. Variables de Soldadura

“Las variables de soldadura a considerar son: el tipo y el tamaño del electrodo y su orientación durante la soldadura, el tipo y la magnitud de la corriente, la longitud del arco y la velocidad de desplazamiento, los cuales deben ser controlados apropiadamente por el soldador, permitiendo una soldadura de calidad” (American Welding Society, 2004).

2.2.6.2. Soldadura por Arco Metálico con Gas (Gas Metal Arc Welding)

American Welding Society (2004), define a la soldadura por arco metálico con gas (GMAW) como: “un proceso que emplea un arco entre un electrodo de metal de relleno continuo y el baño de soldadura, incorporando protección de un gas suministrado externamente, sin la aplicación de presión”.

La AWS refiere que: “en un principio se implementó como un proceso de electrodo de metal desnudo de alta densidad de corriente, de diámetro pequeño,

utilizando un gas inerte para la protección del arco. Como resultado, el proceso se llamó soldadura MIG (de gas inerte metálico), todavía una designación hoy, aunque coloquial (...). Además, la AWS menciona que, posteriormente “se llevó a la aceptación formal del término soldadura por arco metálico con gas para el proceso porque se pueden usar gases tanto inertes como reactivos” (p.148).

2.2.6.2.1. Fundamentos del Proceso

La AWS (2004), nos dice que: “se pueden soldar diversidad de metales comercialmente importantes, como el acero al carbono, el acero de baja aleación de alta resistencia, el acero inoxidable, el aluminio, el cobre, el titanio y las aleaciones de níquel, en todas las posiciones y variedad de configuraciones (tipo de juntas), con una adecuada selección de gas de protección, electrodos, y variables de soldadura, implementándose en operaciones semiautomáticas y automatizadas; y que el proceso GMAW posee las siguientes ventajas:

- Es un proceso eficiente de electrodos consumibles y se utilizan para soldar todos los metales y aleaciones comerciales.
- Supera la restricción de la longitud limitada del electrodo que se encuentra con el proceso SMAW.
- Se puede realizar en todas las posiciones.
- Las tasas de deposición son mucho más altas que las logradas con el proceso SMAW.
- Las velocidades de soldadura son más altas que las obtenidas con el proceso SMAW a causa de que la alimentación continua del electrodo y a las mayores tasas de deposición de metal de relleno.
- Debido a que el electrodo (alimentación de alambre) es continuo, se pueden depositar soldaduras largas sin paradas y arranques intermedios.
- Cuando se usa la transferencia por pulverización, es posible una penetración más profunda que con la soldadura SMAW, con lo cual muchas veces se permite el uso de soldaduras de filete de menor tamaño para resistencias de unión equivalentes.
- Se requiere una limpieza mínima posterior a la soldadura debido a la ausencia de escorias pesadas.
- Es un proceso bajo en hidrógeno, por lo que es una buena opción para materiales de soldadura que son susceptibles a la fragilidad de hidrógeno.
- Este proceso es adquirido y enseñado fácilmente”.

Por otra parte, existen las siguientes limitaciones:

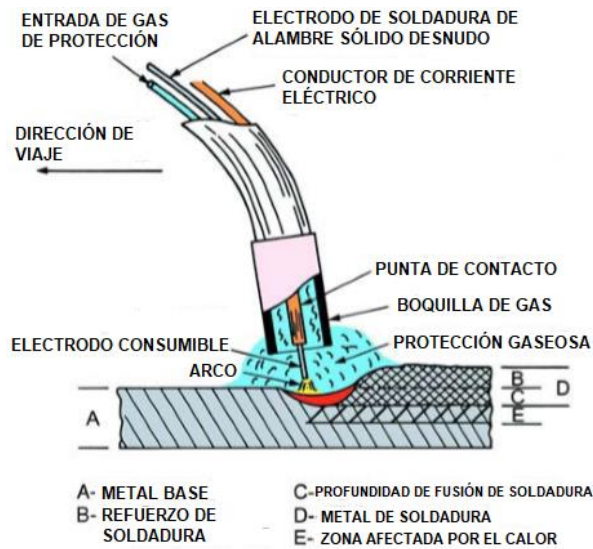
- Según las AWS, “el equipo de soldadura es más complejo, más costoso y menos portátil que el del proceso SMAW”.
- La AWS, afirma que, “el uso de este proceso es complicado en lugares de difícil acceso, ya que la pistola de soldadura es más grande que un portaelectrodos del proceso SMAW y la pistola de soldadura debe estar cerca de la junta (entre 10 mm y 19 mm) para garantizar la protección adecuada del metal de soldadura”.
- Para la AWS, “el arco de soldadura debe protegerse contra corrientes de aire que excedan las 5 millas por hora, que pueden dispersar al gas de protección, limitando las aplicaciones al aire libre, lo cual se puede evitar colocando protecciones protectoras alrededor del área de soldadura”.
- Según la AWS, “los niveles relativamente altos de calor irradiado e intensidad de arco, que pueden contribuir a la resistencia por parte de los operadores para aceptar el proceso”.

2.2.6.2.2. Principios de Operación

La American Welding Society (2004), nos dice que: “el proceso GMAW utiliza la alimentación automatizada de un electrodo continuo y consumible, protegido por un gas suministrado externamente. Asimismo, culminado los ajustes iniciales en la máquina de soldar, el equipo proporciona una autorregulación automática de las características eléctricas del arco, lo cual hace que el soldador controle únicamente las siguientes operaciones semiautomáticas: la velocidad y dirección de desplazamiento y el posicionamiento de la pistola; visto que el equipo y la configuración sean adecuados, respecto al voltaje del arco y la velocidad de alimentación de alambre (corriente), estos se mantienen automáticamente”. En la Figura 15, la AWS indica el esquema del proceso.

Figura 15

Instalación Típica Automatizada de Soldadura GMAW

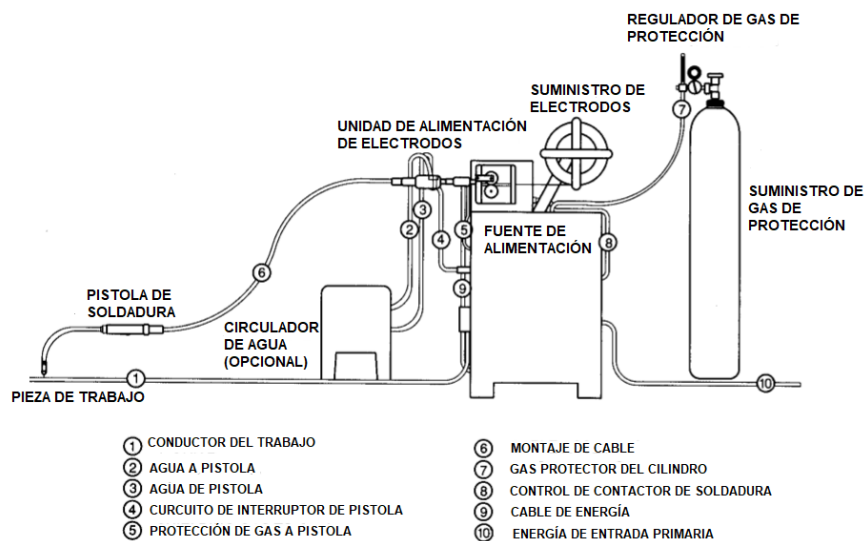


Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

Asimismo, la Figura 16 muestra los componentes básicos según la AWS: “una pistola de soldadura y un conjunto de cables, una unidad de alimentación de electrodo (carrete o bobina que contiene 4.5 kg a 27 kg de alambre), una fuente de energía de soldadura y el aparato para la entrega de gas de protección”.

Figura 16

Configuración Semiautomática del Proceso de Soldadura GMAW



Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

La AWS (2004), sostiene que, “durante el proceso, la pistola guía el electrodo consumible, conduce la corriente eléctrica y dirige el gas protector a la pieza de trabajo, proporcionando los medios para establecer y mantener el arco, derretir el electrodo y suministrar la protección esencial de la atmósfera”.

2.2.6.2.3. Materiales y Consumibles

“En el proceso GMAW, los consumibles consisten en electrodos y gases de protección. y la composición química del electrodo, el metal base y el gas protector determinan la composición química del metal de soldadura, que determina en gran medida las propiedades metalúrgicas y mecánicas de la soldadura” (American Welding Society, 2004, p.171).

La AWS, nos dice que: “los factores que influyen en la selección del gas de protección y el electrodo de soldadura son: tipo de metal base, propiedades mecánicas requeridas del metal de soldadura, estado y limpieza del metal base, tipo de servicio o requisito de especificación aplicable, posición de soldadura y modo previsto de transferencia de metal”.

a. Electrodos

La AWS menciona que: “los electrodos (metales de relleno) para el proceso GMAW, específicamente para aceros al carbono, están definidos en la AWS A5.18 / A5.18M: Especificaciones Para Electrodos y Varillas de Acero al Carbono Para Soldadura por Arco con Protección de Gas”.

Según la AWS (2004), “generalmente su composición es similar a la del metal base, pero hay casos donde se agrega desoxidantes u otros elementos eliminadores para minimizar la porosidad o asegurar propiedades mecánicas satisfactorias del metal de soldadura”.

Respecto al tamaño, la AWS, nos dice que, “los electrodos poseen un diámetro pequeño, de diámetros de alambre de 0.9 mm a 1.6 mm, de 0.5 mm y 3.2 mm, con velocidades de alimentación del alambre altas porque los tamaños de los electrodos son pequeños y las corrientes son relativamente altas”.

La Tabla 5 muestra los metales de relleno apropiados para metales base de acero al carbono.

Tabla 5*Electrodos Recomendados Para Soldadura de Arco Metálico con Gas*

Material Base		Clasificación del Electrodo	Especificación del Electrodo AWS
Tipo	Clasificación		
Aceros al carbono.	Aceros al carbono lisos laminados en caliente y en frío.	ER70S-3 ER70S-2, ER70S-4 ER70S-5C, ER70S-6C ER70S-7 E70C-3X, E70C-6X	Especificación para metales de relleno de acero al carbono para soldadura por arco con protección de gas, ANSI / AWS A5.1.

Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook. Materials and Applications, part.1.

b. Gases de Protección

Según la AWS (2004): “La función del gas protector es apartar la atmósfera del contacto con el metal fundido de soldadura, ya que la mayoría de los metales, al calentarse hasta su punto de fusión en el aire, exhiben una fuerte tendencia a formar óxidos y, en menor medida, nitruros. Además, el oxígeno reacciona con el carbono en el acero fundido, formando monóxido de carbono y dióxido de carbono, que pueden originar discontinuidades en la soldadura, como inclusiones de escoria, porosidad y fragilización del metal de soldadura, y se forman fácilmente en la atmósfera si es que no se aparta el nitrógeno y el oxígeno. Asimismo, el gas protector y la velocidad de flujo también intervienen en las características del arco, modo de transferencia de metal, penetración y perfil del cordón de soldadura, velocidad de soldadura, tendencia de corte, acción de limpieza, y propiedades mecánicas del metal de soldadura. El fabricante de los electrodos, proporciona información de la selección del gas de protección óptimo a usar”.

Asimismo, la AWS afirma que: “los gases de protección inertes son el Argón y el Helio, por su estructura electrónica y generalmente no reaccionan con los metales que se unen, y que dichos gases y su mezcla se utilizan para soldar metales no ferrosos y aceros inoxidable, de carbono y de baja aleación. Sin embargo, el autor señala que, con el Argón se obtiene un perfil de cordón de soldadura mejorado y la característica de transferencia de metal por pulverización axial deseable”.

Adicionalmente la AWS, menciona que, “existen adiciones de Oxígeno y Dióxido de Carbono al Argón y Helio, y en general, el 2% de oxígeno o el 8% a 10% de dióxido de carbono, de adición a un gas inerte, se considera óptimo para cubrir una amplia gama de variables, como: geometría de la junta, posición de la soldadura, técnicas, etc”.

En la Tabla 6, la AWS, muestra los gases de protección utilizados en el proceso GMAW para transferencia por aspersion y soldadura de arco metálico con gas de corto circuito, en el caso de aceros al carbono.

Tabla 6*Gases de Protección GMAW*

Metal	Gas de Protección	Características	Modo de transferencia
Acero al carbono	1%–5% de oxígeno, balance de argón	Mejora la estabilidad del arco; produce un baño de soldadura más fluido y controlable; buena fusión y mejor contorno; minimiza la socavación; permite velocidades más altas que el argón puro.	Por pulverización
	5%–15% de dióxido de carbono, balance de argón.	Soldadura mecanizada de alta velocidad; soldadura manual de bajo costo.	Por pulverización
	75% argón + 25% dióxido de carbono	Altas velocidades de soldadura con mínimo derretimiento; salpicadura mínima; apariencia limpia de la soldadura; Buen control del charco en posiciones verticales y elevadas.	De cortocircuito
	100% dióxido de carbono	Penetración más profunda; velocidades de soldadura más rápidas; altos niveles de salpicadura.	De cortocircuito

Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook. Materials and Applications, part.1.

2.2.6.2.4. Variables de Proceso

Según la AWS (2004), comenta que, “las siguientes variables, influyen en la calidad de la soldadura: amperaje de soldadura (velocidad de alimentación del electrodo), polaridad (electrodo positivo o electrodo negativo), voltaje de arco (longitud del arco), velocidad de desplazamiento, extensión del electrodo (más allá de la punta de contacto), orientación del electrodo (ángulo de trabajo, ángulo de desplazamiento), posición de la junta de soldadura, diámetro del electrodo y composición del gas protector y velocidad de flujo”.

2.2.6.3. Soldadura por Arco de Tungsteno a Gas (Gas Tungsten Arc Welding)

Según, American Welding Society (2004): “con frecuencia es llamado soldadura TIG (gas inerte de tungsteno), y debido al uso de mezclas de gases de protección que no son inertes para ciertas aplicaciones, la Sociedad Estadounidense de Soldadura (AWS), adaptó por arco de tungsteno con gas (GTAW) como la terminología estándar”. La AWS afirma que, “se utiliza un arco entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza de trabajo para establecer un baño de soldadura, y se usa con gas de protección y sin la aplicación de presión, pudiéndose usar con o sin la adición de metal de relleno. Además, la AWS menciona que, “es una herramienta indispensable para muchos fabricantes, como las industria aeroespacial, nuclear, marina, petroquímica y de semiconductores, ya que este proceso genera soldadura de alta calidad”.

2.2.6.3.1. Fundamentos del Proceso

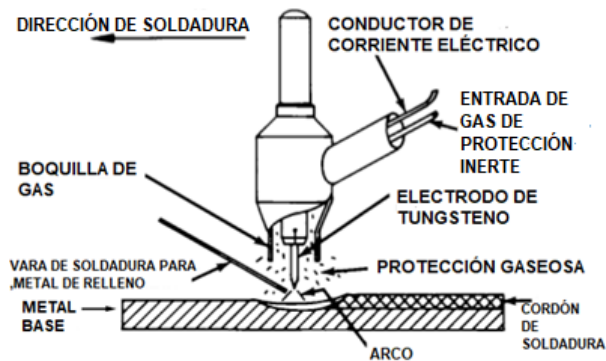
La AWS (2004), señala que, “este proceso utiliza un electrodo de aleación de tungsteno o tungsteno no consumible que se sostiene en una antorcha, a través del cual se alimenta el gas, proporcionando una atmósfera inerte que protege el electrodo y al baño de soldadura mientras el metal de soldadura se solidifica. Asimismo, la AWS afirma que, “el arco eléctrico, producido por el paso de corriente a través del gas de protección ionizado conductor, se establece entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo, y que el inicio de la soldadura se da cuando el calor generado por el arco derrite el metal base y crea un baño de soldadura”.

Además, la AWS nos dice que, “la antorcha se mueve a lo largo de la pieza de trabajo y el arco derrite progresivamente las superficies de la junta, y en el caso de especificar el metal de relleno, en forma de alambre, se agrega al borde delantero del

baño de soldadura para llenar la junta”. La AWS muestra mediante la Figura 17 el esquema del proceso.

Figura 17

Esquema de la Operación Manual del Proceso de Soldadura GTAW

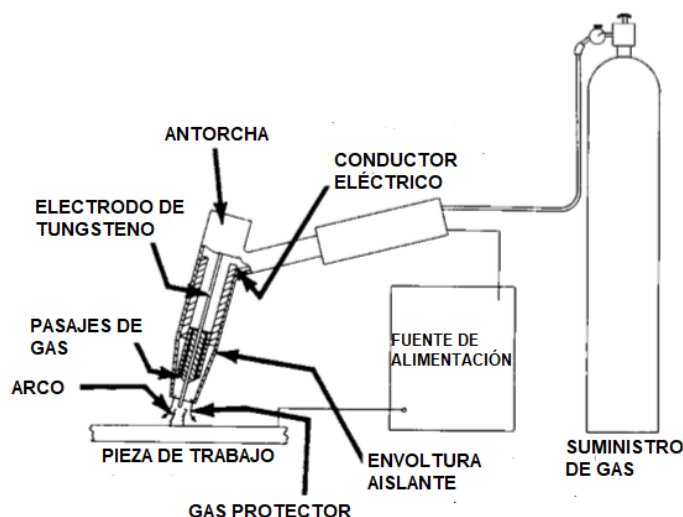


Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

Adicionalmente, la AWS, indica que, “los componentes básicos comunes de las configuraciones GTAW, son: la antorcha, el electrodo, el sistema de suministro de gas de protección y la fuente de energía, mostrados en la Figura 18”.

Figura 18

Disposición de Equipos del Proceso de Soldadura GTAW



Nota. Fuente: American Welding Society (2004). Welding Handbook, Welding Processes, Part 1.

Por otra parte, la AWS, describe las siguientes ventajas del proceso GTAW:

- “Facilidad de operación y flexibilidad en soldaduras de alta calidad, como en las industrias aeroespacial y nuclear, en soldaduras autógenas de alta velocidad y en soldaduras típicas de talleres de fabricación y reparación.
- Puede automatizarse y es fácilmente programable, controlando de manera precisa las variables de soldadura con capacidad de control de soldadura remota.
- Permite controlar la fuente de calor y las adiciones de metal de relleno de forma independiente.
- Se puede mantener un excelente control de la penetración de la soldadura de raíz.
- Las soldaduras se pueden hacer en cualquier posición, y en aplicaciones casi ilimitadas.
- El proceso puede producir soldaduras autógenas consistentes de calidad superior a altas velocidades, sin salpicaduras y generalmente con pocos defectos.
- Se pueden soldar casi todos los metales, incluidos los metales diferentes.
- Se puede usar con o sin metal de relleno, según lo requiera la aplicación específica.
- Pueden usarse fuentes de energía relativamente económicas.
- Por la capacidad de producir ciertas soldaduras sin material de relleno, los costos se disminuyen”.

Adicionalmente, la AWS describe las limitaciones:

- “Las velocidades de deposición generalmente son menores que las velocidades con procesos de soldadura por arco de electrodos consumibles.
- El soldador debe poseer más destreza y coordinación que con los procesos GMAW o con SMAW.
- Hay una baja tolerancia para los contaminantes en el relleno o en los metales básicos.
- Produce una calidad de soldadura parecida o mejor que los procesos de soldadura por arco consumible, cuando los espesores de soldadura son menores que 10mm, pero es más costosa.
- Los campos magnéticos que conducen a una desviación del arco, como con otros procesos de arco, pueden complicar el control de la soldadura.
- Puede ser difícil la protección de la zona de soldadura de ambientes con corrientes de aire.

- El proceso manual generalmente requiere mayores niveles de habilidad que otros procesos manuales y en el proceso mecanizado los costos de equipos son más altos”.

2.2.6.3.2. Variables del Proceso

La AWS (2004) indica las siguientes variables para el proceso GTAW: “voltaje de arco (longitud de arco), corriente de soldadura, velocidad de desplazamiento, velocidad de alimentación de alambre y gas protector, tipo de gas protector, caudales, diámetro de la boquilla y extensión del electrodo, y que las variables no son independientes”.

2.2.6.3.3. Aplicaciones

“Es el mejor proceso para unir metales de calibre delgado, para soldadura por puntos en aplicaciones de chapa metálica y para soldaduras cerca de componentes sensibles al calor, porque proporciona el mejor control de la entrada de calor; y muchas veces se selecciona cuando se van a cumplir especificaciones críticas de soldadura; es fácil de controlar y brinda la opción de agregar metal de relleno según sea necesario, produciendo soldaduras de alta calidad; se puede utilizar para soldar casi todos los metales, para muchas geometrías y superposiciones de juntas en placas, láminas, tuberías, tubos y otros elementos estructurales, y apropiado para secciones de espesor de menos de 10 mm” (American Welding Society, 2004).

2.2.6.3.4. Electrodo

Según la AWS, “el tungsteno y sus aleaciones se usan como electrodo y no se consumen al efectuar el proceso correctamente, ya que no se funden ni se transfieren a la soldadura, a diferencia de otros procesos, donde el electrodo se funde y se convierte en el metal de relleno”. A la vez, la AWS, menciona que, “la función de un electrodo de tungsteno es servir como uno de los terminales eléctricos del arco, que suministra el calor requerido para la soldadura y su punto de fusión es 3410 ° C, y que la punta del electrodo es mucho más fría que el área adyacente a la punta, por un efecto de enfriamiento”. Asimismo, la AWS dice que, “los requisitos para los electrodos de tungsteno se indican en la última edición de AWS A5.12: Especificación para Electrodos de Aleación de Tungsteno y Tungsteno Para Soldadura y Corte por Arco”.

2.2.6.3.5. Gases de Protección

La AWS, menciona que, “para proteger el electrodo y el metal fundido de la atmósfera, el gas protector es dirigido por la antorcha al arco y al baño de soldadura; y para la protección de la soldadura de la oxidación, durante el proceso de soldadura, también

se puede usar el gas de purga de respaldo en la parte inferior de la soldadura y las superficies adyacentes del metal base, siendo su uso controlado que puede lograr la uniformidad del contorno del cordón de la raíz, la eliminación del socavamiento, la cantidad deseada de refuerzo del cordón de la raíz y reduce el agrietamiento de la raíz y la porosidad en la soldadura en algunos materiales”. Asimismo, la AWS nos dice que, “los gases inertes más usados son el argón y el helio (separados o juntos), el helio transfiere más calor a la pieza de trabajo, siendo más usado para soldar placas pesadas, mientras que el argón se usa con más frecuencia que el helio para la protección, ya que ofrece ventajas como: acción de arco más suave y silenciosa, penetración reducida, menor costo y mayor disponibilidad, caudales más bajos para un buen blindaje, mejor resistencia de tiro cruzado, inicio de arco más fácil, además de ser usado como protección en aceros al carbono y aleados por la facilidad de control en el baño de soldadura”.

2.2.6.3.6. Materiales

“Entre los metales que se pueden soldar con este proceso se encuentran varios grados de aceros al carbono, aleaciones de acero, aceros inoxidable, y otros metales y aleaciones, donde la calidad de las soldaduras GTAW en aceros al carbono y sus aleaciones, está más influenciada por el contenido de impurezas del metal base (por ejemplo, azufre, fósforo y oxígeno) que la calidad de las soldaduras SMAW, ya que el proceso GTAW no proporciona fundentes para eliminar estas impurezas” (American Welding Society, 2004).

Referente a los metales de relleno, la AWS, opina que, “se pueden usar en la soldadura y son producidos con un mejor control de la química, pureza y calidad que los metales básicos, siendo similares, aunque no necesariamente idénticos al metal que se está soldando, con una composición que se adapta para que coincida con las propiedades del metal base en su condición soldada (fundida), además de agregar frecuentemente desoxidantes para garantizar la solidez de la soldadura y realizar modificaciones adicionales en algunas composiciones de estos metales para mejorar la respuesta a los tratamientos térmicos posteriores a la soldadura”.

2.2.6.3.7. Diseño de Juntas de Soldadura

Según la AWS, “para lograr las condiciones óptimas de la soldadura se deben considerar los factores que afectan el diseño de la junta, que incluyen la composición del metal base y el espesor, la penetración de la soldadura, la restricción de la junta y los requisitos de eficiencia de la junta”.

2.3. Marco Legal

- **ANSI/AISC 360:** American Institute of Steel Construction. Especificación para Construcciones de Acero (versión en español), que “provee un tratamiento integrado de los métodos de Diseño por Tensiones Admisibles y del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LFRD)” (American Institute of Steel Construction, 2010, p.3). Además, la AISC señala que, “se aplicará al diseño de sistemas estructurales en acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas con concreto armado, en los cuales los componentes de acero se definen en el AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges”. (p.64)
- **ASTM A615/A615M:** Especificación estándar para barras de acero y carbono deformadas y planas para refuerzo de hormigón.
- **AWS D1.4/D1.4M:** Structural Welding Code - Reinforcing Steel, traducido al español como el *Código de soldadura estructural para acero de Refuerzo*, el cual forma parte de la *Sociedad Americana de Soldadura*. Según la AWS, “se usa junto con los requisitos generales del código de construcción prescritos y es aplicable a todas las soldaduras de acero de refuerzo, usando los procesos SMAW, GMAW y FCAW, y procesos que sean aprobados por el especialista, realizado como parte de la construcción de concreto reforzado”. (American Welding Society (AWS) D1 Structural Welding Committee, 2005).
- **Norma Técnica de Edificación E-060: Concreto Armado**, el cual forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones. “Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009, p.13).
- **Norma Técnica Peruana 341.031:** Norma Técnica Peruana con Especificaciones de Barras de acero al carbono con resaltes y lisas para hormigón (concreto) reforzado. “Establece los requisitos y los ensayos para las barras de acero al carbono, corrugadas y lisas como refuerzo del concreto, y está basada en la norma ASTM A615/A615M”. (Comité Técnico de

Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, 2008).

- **UNE 36832:** Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural. *“Esta norma tiene por objeto definir los distintos tipos de soldadura, ya sean resistentes o no, para uniones de barras empleadas como armaduras pasivas en las piezas de hormigón estructural. Las especificaciones que se establecen son aplicables a uniones soldadas, realizadas en taller o en obra, de barras de acero soldable cubiertas por la UNE 36068, y se refieren tanto a las uniones entre armaduras pasivas como de éstas con otros perfiles de acero, exceptuando las mallas electrosoldadas producidas en fábrica”* (Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión, 2006, p.13).

2.4. Definición de Términos

Se definen la variable independiente, variable dependiente, las dimensiones, indicadores y/o parámetros que intervienen en esta investigación.

Acero

Según, Corporación Aceros Arequipa S.A. (2007), “es una aleación entre un metal (el hierro) y un metaloide (el carbono), que conserva las características metálicas del primero, pero con propiedades notablemente mejoradas gracias a la adición del segundo y de otros elementos metálicos y no metálicos”.

Alambre de soldadura

“Es una forma de metal de relleno de soldadura, normalmente empaquetada como bobinas o carretes, que puede o no conducir corriente eléctrica dependiendo del proceso de soldadura con el que se usa”. (American Welding Society, 2001, p.808)

Concreto Armado o Reforzado

Según, Ottazzi (2004), “es un material estructural compuesto constituido por un material cementante, agua, agregado y reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero”.

Diseño de Junta o Empalme Soldado

Alude a la “forma, las dimensiones y la configuración de la junta”. (American Welding Society, 2001, p.784)

Doblado

Domínguez et al. (2017), afirman que, “la operación de doblado es un proceso de conformado mecánico que deforma el metal dentro de un eje neutral; la parte

inferior del eje se comprime, mientras que la parte superior se estira. Además, sostienen que, este proceso, es obligado a tomar nuevas formas por movimientos o flujo plástico sin alterar su espesor, de forma que todas las secciones permanezcan constantes”.

La ASTM E-290 menciona que: “la prueba de doblado es no cuantitativa, y que, después de la flexión, se examina la superficie convexa de la curva para detectar evidencia de grietas o irregularidades en la superficie. Si la muestra se fractura, el material no pasó la prueba. Cuando no se produce una fractura completa, el criterio de falla es el número y el tamaño de las grietas o las irregularidades de la superficie visibles a simple vista que ocurren en la superficie convexa de la muestra después de la flexión, según lo especificado por el estándar del producto. Cualquier grieta dentro del espesor del espécimen no se considera una falla de prueba de doblado. Las grietas que ocurren en las esquinas de la porción doblada no se considerarán significativas a menos que excedan el tamaño especificado para grietas en las esquinas en el estándar del producto” (p.1).

Por otra parte, Naranjo, Ojeda y Saquina (2015), afirman que, “si la falla de soldadura se encuentra en el cordón, se puede establecer que el material base y el aporte no tienen un comportamiento dúctil, y que la zona de rotura tiene un comportamiento frágil”.

Adicionalmente, Rosas (2018), menciona que, “se aplica una fuerza constante, se mide la capacidad de la barra para doblarse hasta llegar a un doblez de radio mínimo sin agrietarse y se obtiene una idea aproximada sobre el comportamiento del acero a la flexión”.

Ductilidad

Es la “capacidad de deformación plástica hasta rotura que puede soportar un metal” (Askeland, 1985; Dowling, 1988; Smith, 1992 y Callister, 1995, citados en Bueno, 2006, p.94). Además, Bueno, afirma que, “(...) la ductilidad es una deformación, y por tanto adimensional” (p.94). Adicionalmente, dicho autor considera a la “(...) medida de ductilidad, la deformación máxima (ϵ_{max}) obtenida en el ensayo de tracción y representada en el diagrama σ vs ϵ ” (p.94).

Electrodo de soldadura

“Es un componente del circuito de soldadura a través del cual se conduce la corriente y que termina en el arco, la escoria conductora fundida o el metal base” (American Welding Society, 2001, p.807)

Elemento Sometido a Tracción

Según, Mayori (s.f.), “una barra está sometida a cargas de tracción cuando soporta fuerzas en sus extremos dirigidos a lo largo de su eje centroidal, donde la carga tiende a estirar la pieza, por lo cual es una carga de tracción”.

Endurecimiento

“Es un parámetro que indica el incremento de tensión que es preciso suministrar a la probeta en el ensayo de tracción para continuar su deformación una vez que se ha sobrepasado el límite elástico del material” (Bueno, 2006, p.90). Dicho autor afirma que, “el endurecimiento mide a la acritud, el cual está definido como, el aumento de resistencia a la deformación que adquiere un metal como consecuencia de provocar en la una deformación plástica (...)” (p.90). Asimismo, Bueno, manifiesta que, “el índice que define este parámetro en el diagrama tensión-deformación convencional es la relación entre la tensión bajo carga máxima y el límite elástico (...)” (p.90)

Ensayo a Tracción

“El ensayo de tracción sobre una varilla de acero consiste en aplicar una carga axial estática monotónica con crecimiento gradual hasta que se logre la rotura de la varilla, la cual no se produce en el punto de carga máxima, sino cuando la sección de esta se reduce hasta un punto débil de rotura” (González, Botero, Rochel, Vidal y Álvarez, 2005, p.68).

Asimismo, “el ensayo de tracción simple es una de las técnicas más sencillas y también la más utilizada en la caracterización de aceros” (Gálvez, 1999, citado en Suárez, 2013, p.1).

Empalmes del Acero de Refuerzo

Según, Corporación Aceros Arequipa S.A. (2010), “es la parte unida de las barras para alcanzar la longitud necesaria, ya que los refuerzos que se colocan en las estructuras de concreto no son siempre continuos”. A esto se puede incluir que, “*la meta de las disposiciones de empalmes es requerir una condición dúctil donde el refuerzo fluya antes de que falle la conexión. Las fallas en los empalmes ocurren repentinamente sin dar aviso y con resultados peligrosos*”. (Leyh, 1972, citado en McCormac y Brown, 2011, p.208)

Geometría de Junta

“Alude a la forma, las dimensiones y la configuración de una junta antes de la soldadura” (American Welding Society, 2001, p.784).

Junta, Unión o Empalme

“Es la unión de miembros o los bordes de miembros que se van a unir o se han unido” (American Welding Society, 2001, p.784)

Lap Joint (Junta a Solape)

“Es una unión entre dos miembros superpuestos en planos paralelos” (American Welding Society, 2001, p.785).

Butt Joint (Junta a Tope)

“Es una unión entre dos miembros alineados aproximadamente en el mismo plano” (American Welding Society, 2001, p.767).

Material de relleno

“Es el material que se agregará para hacer una unión soldada” (American Welding Society, 2001, p.776). Así mismo, según la AWS, *“el metal de relleno, es el metal o aleación que se agregará para hacer una unión soldada”* (p.776).

Posición de soldadura

“Es la relación entre el conjunto de soldadura, la unión, los miembros de unión y la fuente de calor de soldadura durante la soldadura” (American Welding Society, 2001, p. 807).

Procedimiento de soldadura

Se refiere a *“los métodos y prácticas detallados involucrados en la producción de una soldadura”* (American Welding Society, 2001, p.807)

Proceso de Soldadura

“El objetivo de los procesos de unión es hacer que diversas piezas de material se conviertan en un todo unificado. En el caso de dos piezas de metal, cuando los átomos en el borde de una pieza se acercan lo suficiente a los átomos en el borde de otra pieza para que se desarrolle la atracción interatómica, las dos piezas se vuelven una (...). La rugosidad de la superficie, las impurezas, las imperfecciones de ajuste y las variadas propiedades de los materiales que se unen complican el proceso de unión. Se han desarrollado procesos y procedimientos de soldadura para superar estas dificultades incorporando el uso de calor o presión, o ambos” (American Welding Society, 2001, p.3). Además, *“la mayoría de los procesos de soldadura aplican calor significativo al material base. Este calor es solo un medio para acercar los átomos al borde de una pieza de material lo suficientemente cerca de los átomos de otra pieza para la atracción interatómica. Sin embargo, este calor es perjudicial para la microestructura de los materiales que se unen. Como el metal caliente tiende a*

oxidarse, el proceso de soldadura debe proporcionar protección suficiente contra la oxidación para evitar esta reacción perjudicial con el oxígeno ambiental”. (p.3)

Prueba de Doblado

“Es una prueba en la que una muestra se dobla a un radio de curvatura especificado” (American Welding Society, 2001, p.765).

Prueba de Tensión

Se refiere a *“una prueba en la cual una muestra se carga en tensión hasta que ocurre la falla”.* (American Welding Society, 2001, p.802)

Double-Flare-V-Groove (Ranura Doble Acampanada en V)

Es *“una ranura de soldadura de doble cara formada por la combinación de elementos de unión que tienen formas de borde redondo”* (American Welding Society, 2001, p.772).

Relleno de soldadura de metal.

“Es el metal o la aleación que se agregará al hacer una unión de soldadura que se alea con el metal base para formar metal de soldadura en una unión soldada por fusión” (American Welding Society, 2001, p. 807).

Soldadura

La soldadura es definida como *“un proceso de unión que produce fusión de materiales calentándolos a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión o mediante la aplicación de únicamente presión, y con o sin el uso de metal de relleno”* (American Welding Society, 2001, p.806).

Soldadura de Ranura

Se refiere a *“una soldadura en una ranura en una superficie de la pieza de trabajo, entre los bordes de los miembros, entre las superficies del miembro o entre los bordes y la superficie del miembro o partes a unir”* (American Welding Society, 2001, p.780).

Soldadura por Arco Metálico con Gas (GMAW)

“Es un proceso de soldadura por arco que utiliza un arco entre un electrodo metálico de relleno continuo y el baño de soldadura. El proceso se utiliza con protección de un gas suministrado externamente y sin la aplicación de presión” (American Welding Society, 2001, p.780).

Soldadura por Arco Metálico Protegido (SMAW)

“Es un proceso de soldadura por arco, con un arco entre un electrodo cubierto y el baño de soldadura. El proceso se utiliza con protección contra la descomposición

de la cubierta del electrodo, sin la aplicación de presión, y con el metal de relleno del electrodo” (American Welding Society, 2001, p.797).

Soldadura por Arco de Tungsteno a Gas (GTAW)

“Es un proceso de soldadura por arco que utiliza un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el baño de soldadura. El proceso se utiliza con gas protector y sin la aplicación de presión” (American Welding Society, 2001, p.780).

Double-Flare-V-Groove Weld (Soldadura de Doble Ranura Acampanada en V)

Indica “una soldadura en una ranura doble en V soldada por ambos lados”. (American Welding Society, 2001, p.772).

Flare-Groove Weld (Soldadura de Ranura Acampanada)

“Es una soldadura en la ranura formada entre un miembro de junta con una superficie curva y otro con una superficie plana, o entre dos miembros de junta con superficies curvas”. (American Welding Society, 2001, p.777).

Flare-V-Groove Weld (Soldadura de Ranura Acampanada en V)

“Es una soldadura en una ranura formada por dos miembros con superficie curva”. (American Welding Society, 2001, p.777).

Flare-Bevel-Groove Weld (Soldadura de Ranura en Bisel Acampanado)

Se refiere a “una soldadura en la ranura formada entre un miembro de unión con una superficie curva y otro con una superficie plana”. (American Welding Society, 2001, p.777).

Tamaño de Soldadura de Borde

“Es el espesor del metal de soldadura medido desde la raíz de la soldadura”. (American Welding Society, 2001, p.773).

Tenacidad

“Se refiere a la aptitud que tiene un material para almacenar o consumir energía antes de romperse. En el caso de un producto metálico, será la energía (trabajo) que, en forma de deformación plástica, es necesario suministrarle para romperlo. Las unidades que definen esta propiedad son las de un trabajo (fuerza*distancia)”. (Bueno, 2006, p.91).

Tipo de Junta o Empalme

Se refiere a “una clasificación de unión soldada basada en la orientación relativa de los miembros que se unen. Los cinco tipos básicos de articulación son: tope, esquina, borde, solape y T”. (American Welding Society, 2001, p.784).

Varilla de Soldadura

Se refiere a *“una forma de relleno de soldadura de metal, normalmente empaquetada en tramos rectos, que no conduce la corriente de soldadura”*. (American Welding Society, 2001, p.807).



CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la Investigación

Rodríguez (2011), aclara, *“la investigación es un proceso complejo que se utiliza con diferentes propósitos (...)”* (p.37). Además, *“La selección del tipo de estudio depende de la hipótesis y de los objetivos (...)”* (Mirón, Alonso e Iglesias, 2010, p.354)

a) Según el objetivo esencial

Investigación Aplicada, porque la investigación no aporta nuevos conocimientos científicos, sino favorece a la aplicación práctica de saberes existentes (Mirón et al., 2010).

Al respecto, según, la definición de Mirón, la presente tesis es una **investigación Aplicada.**

b) Según la orientación del estudio en el tiempo

“La Investigación es Transversal, porque permite observar el proceso, obteniendo los datos solo en un momento dado, puesto que no se estudian los fenómenos en varios momentos a lo largo de un período de tiempo” (Mirón et al., 2010).

Al respecto, según, la definición de Mirón, la presente tesis es una **Investigación Transversal.**

c) Por el enfoque o estudio de variables

Rodríguez (2011), aclara que, *“(...) el tipo de investigación científica cuantitativo necesita incluir en su proceso algunas acciones del proceso cualitativo y, viceversa, toda investigación cualitativa tiene como complemento lo cuantitativo”* (p.40). Por lo cual, Rodríguez afirma que, *“(...) estos dos enfoques de investigación científica no son excluyentes (...)”* (p.39).

“La investigación es Cuantitativa, porque se usa la medición y el análisis estadístico para definir patrones de comportamiento y probar teorías con la recolección de datos para probar la hipótesis, también es Cualitativa, porque en la recolección de

datos para su interpretación, se usa la observación y otras técnicas similares” (Rodríguez, 2011).

Al respecto, Al respecto, según, la definición de Rodríguez, la presente tesis es una **investigación Cuantitativa**.

d) Según los niveles de su ejecución

“Una Investigación es Correlacional, porque se descubre y evalúa las relaciones existentes entre las variables que intervienen en esta investigación” (Rodríguez, 2011).

“Una Investigación es Explicativa, porque en la investigación se descubre, establece y explica las relaciones causalmente funcionales que existen entre las variables” (Rodríguez, 2011).

Al respecto, según, la definición de Rodríguez, la presente tesis es una **Investigación Correlacional y Explicativa**.

e) Según exista o no manipulación en el estudio

“Una Investigación es Experimental, porque se manipula a voluntad la relación causa-efecto” (Mirón et al., 2010).

Además, Tamayo (1999), afirma que, “los grupos experimentales, se exponen a los estímulos experimentales, con resultados que se comparan entre dichos grupos y a los grupos de control, los que no reciben el tratamiento experimental”.

En esta investigación las barras patrón (no se aplica la soldadura) son los grupos control y las barras soldadas son los grupos experimentales, por lo cual se trata de una **Investigación Experimental**.

“La investigación será específicamente Cuasi-Experimental porque no es posible el control y manipulación absolutos de las variables” (Tamayo, 1999, p.6).

Al respecto, según, la definición de Tamayo, la presente tesis es una **Investigación Cuasi-Experimental**.

3.2. Diseño de la Investigación

“El diseño según el enfoque Cuantitativo es Experimental, cuando, se manipulan intencionalmente la variable independiente, que es la supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y la variable dependiente es el efecto provocado por dicha causa, y esta no se manipula, sino que se mide” (Hernández, 2014).

En esta investigación la variable independiente es la soldadura y se varia cambiando el proceso, diseño de junta y la resistencia a la tracción del metal de relleno,

verificando el efecto que tiene en la resistencia del empalme soldado, el cual es la variable dependiente.

Además, en el contexto general en la que llega a tomar lugar el diseño experimental es el Experimento de Laboratorio, porque en la investigación “(...) *el efecto de todas o casi todas las variables independientes influyentes no concernientes al problema de investigación se mantiene reducido lo más posible*” (Hernandez, 2014, p.150).

El diseño es del tipo Cuasi-Experimental “(...) *los grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se integraron es independiente o aparte del experimento) (...)*” (Hernández, 2014, p.151).

Al respecto, según, las definiciones indicadas, la presente tesis posee un **Diseño Experimental del tipo Cuasi-Experimental con Experimento de Laboratorio.**

3.3. Plan de Recolección de Información

3.3.1. Población

Está conformada por las barras corrugadas de acero según la norma ASTM A615, de grado 60, fabricados por la Empresa Siderúrgica del Perú.

3.3.2. Muestra

“Una muestra es No Probabilística, *porque todo integrante de la población no tiene una probabilidad determinada, tampoco conocida, de conformar la muestra. Los criterios para seleccionar la muestra no son estadísticos, son racionales (...)*” (Vara, 2012, p.223). Asimismo, Vara dice que, “el muestreo es no probabilístico porque, no se basa en el principio de la equiprobabilidad (todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos)”. Además, “*el muestreo es no probabilístico del tipo intencional o por criterio, porque se realiza sobre la base del conocimiento y criterios del investigador (...)*” (Vara, 2012, p.226).

Al respecto, en la presente investigación posee una muestra **No Probabilística con un muestreo del tipo intencional o por criterio.** El criterio de selección es el tipo el diámetro comercial usado frecuentemente en la ciudad de Huaraz. Por ello, la muestra está compuesta por 7 barras de longitudes comerciales de 9m (3 varillas de 3/8”, 3 varillas de 1/2” y 1 varilla de 5/8”). Para la elaboración de especímenes, se utilizó el corte, en longitudes compatibles con las máquinas de ensayo, aplicando la variable soldadura en el grupo experimental, conformado por 75 empalmes soldados para el ensayo a tracción y por 42 empalmes soldados para el ensayo de doblez (que

incluyen varios tipos de soldadura y de diámetros de barra de 3/8" y 1/2"), a esto se añadió, el grupo control conformado por 9 barras sin soldar (3 barras patrón de 3/8", 3 de diámetro 1/2" y 3 de 5/8"), haciendo un total de 126 especímenes. En la Tabla 7 se observa el muestreo y los especímenes para la evaluación

Tabla 7

Muestreo

Diámetro de Barra (Pulg.)	Número de Barras de L = 9m (Elementos de la Muestra)	Número de Especímenes Para el Ensayo a Tracción - Grupo Control	Grupo Experimental				
			Proceso de Soldadura	Tipo de Junta	Tipo de Soldadura	Número de Especímenes Para el Ensayo	
						Tracción	Doblez
3/8	1	3	SMAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3
			SMAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3	
			SMAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3	
			SMAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	3
3/8	1		GMAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3
			GMAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3	
			GMAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3	3
			GMAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	3
3/8	1		GTAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3
			GTAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3	
			GTAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3	
			GTAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	3
1/2	1	3	SMAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3
			SMAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3	
			SMAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3	
			SMAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	



Diámetro de Barra (Pulg.)	Número de Barras de L = 9m (Elementos de la Muestra)	Número de Especímenes Para el Ensayo a Tracción - Grupo Control	Grupo Experimental					
			Proceso de Soldadura	Tipo de Junta	Tipo de Soldadura	Número de Especímenes Para el Ensayo		
						Tracción	Doblez	
								3
1/2	1		GMAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3	
			GMAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3		
			GMAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3		
			GMAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	3	
1/2	1		GTAW	tope directa	ranura en doble "V"	3	3	
			GTAW	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	ranura en bisel acampanado	3		
			GTAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3		
			GTAW	solape directo con barras en contacto	ranura doble acampanada en "V"	3	3	
5/8	1	1	SMAW	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	ranura acampanada en "V"	3	3	

Nota. Fuente: Propia

- Tamaño de Muestra = 126
- Cantidad de Especímenes del Grupo Control = 9
- Cantidad de Especímenes del Grupo Experimental (Ensayo a Tracción) = 75
- Cantidad de Especímenes del Grupo Experimental (Ensayo a Doblez) = 42



3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron: **la Observación, el Experimento, y la Revisión Documental**. Para determinar los datos referentes a los objetivos generales y específicos de la investigación, relacionados con la variable dependiente (resistencia de empalmes soldados) se usaron todas las técnicas. En referencia a la variable independiente (soldadura) se usó la técnica de la observación y la revisión documental. Para la observación se utilizó como instrumento la **ficha de observación**, en el experimento se usó el **material experimental**, y el instrumento de la revisión documental fue la **guía de revisión documental**.

Además, “según el proceso cualitativo de la investigación, el instrumento de recolección de datos, es **el propio investigador**” (Hernández, 2014).

3.4.1. Revisión Documental

Vara (2012), aclara que, “*es una técnica de recolección de datos cualitativa que se emplea en investigaciones exploratorias de tipo bibliográficas, históricas, entre otras (...)*” (p.249). El instrumento utilizado fue la guía de revisión documental, y se obtuvo los datos de las resistencias a la tracción de las barras SiderPerú (para la variable dependiente) y del material de relleno (para la variable independiente), obtenidas de las fichas técnicas (véase el Anexo A, Anexo C, Anexo D, Anexo E y Anexo F).

3.4.2. La Observación

Rodríguez (2011) afirma que esta técnica “*(...) supone una planificación previa, una estructuración apropiada y su realización consiste en prestar atención estrictamente a lo planificado y previsto*” (p.174). Además, “*(...) el investigador suele tener un diario de campo donde va anotando las incidencias del proceso de recolección de datos*” (p.176).

Según el enfoque cualitativo de la investigación se usó la **Observación no Estructurada**, y según Rodríguez, “*es útil como fuente de información complementaria*” (p.175). Asimismo, “*es una técnica basada en el análisis y registro del comportamiento del individuo, objeto, unidad, o acontecimiento a investigar*” (Vara, 2012, p.249).

Conforme al enfoque cualitativo se usó la **Observación Estructurada**, y refiere que, “el tesista estuvo en contacto personal con el fenómeno investigado y se

realizó con la ayuda de elementos técnicos, como fichas, cuadros y tablas” (Vara, 2012).

Respecto a la variable independiente, con esta técnica se recogió información de las características de la soldadura durante la elaboración de los especímenes (guía de observación), mediante un formulario de especificación de procedimiento de soldadura (WPS) tomado del código AWS D1.4 (véase el Apéndice F). Para la variable dependiente, se registraron las características y fenómenos ocurridos en los especímenes después del ensayo (tipo y ubicación de la falla a tracción, y características de la dobladura de los empalmes soldados).

3.4.3. El Experimento

Esta técnica se usó para medir la variable dependiente, y Rodríguez (2011), manifiesta que, *“el experimento ofrece los datos de primera mano y que tiene mayor valor para la extracción del conocimiento científico”* (p.182). Además, afirma que, los datos pueden ser recolectados de 2 maneras: recolección manual y automatizada. En el primer tipo de recolección se usó, el cuaderno de notas como instrumento de recolección de datos, donde se anotaron los valores de las cargas de tracción máximas obtenidas después del ensayo, y sucesos ocurridos en los especímenes después del ensayo. Mientras que en la recolección automatizada se usaron las grabaciones de video de las cargas de tracción y deformaciones de los especímenes. Adicionalmente, Rodríguez sostiene que, *“en el experimento, dos acciones son imprescindibles: la observación específica y la medición”* (p.184). Es por ello que con esta técnica también se realizó la medición física de las longitudes inicial y final de los especímenes, y de los diámetros de las barras. El equipo empleado en el experimento a través del ensayo a tracción fue: prensa hidráulica, vernier, manómetros, mordazas, winchas, cámaras y filmadoras. Mientras que en la prueba de doblado se usó la prensa hidráulica y mandriles de acero, cuyo diámetro están acorde al artículo 11 de la NTP 341.031: Requerimientos de doblado.

Los datos obtenidos mediante las técnicas de la observación y el experimento, se registraron y resumieron en la ficha de registro (ver el Apéndice K).

3.5. Plan de Procesamiento y Análisis Estadístico de la Información

3.5.1. Plan de Procesamiento

La información de la resistencia teórica a la tracción de las barras de acero y del material de relleno de soldadura se recoge mediante la guía de revisión, a partir de las fichas técnicas, tomadas de las casas de dichos materiales, los cuales sirvieron para

el diseño de las juntas. Mientras que, el formulario de especificación de soldadura de la AWS D1.4, permite obtener información adicional de la soldadura de los empalmes, datos que se emplean para la comparación de resultados de diferentes empalmes soldados, y determinar el efecto que tiene en la resistencia del empalme de acero de refuerzo.

En los ensayos de tracción, se recolecta datos experimentales de la resistencia a la tracción y deformación, de las barras patrón y de los empalmes soldados, mediante las grabaciones de video a las lecturas del manómetro y al vernier digital. Se recolecta la resistencia de todos los especímenes, mientras que la deformación se obtiene solo de una probeta para cada tipo de soldadura y diámetro. Además, se determina, las características de las fallas de tracción y de doblado en frío, mediante la observación. Adicionalmente se obtiene las longitudes iniciales y finales, y los diámetros finales de las barras, mediante la medición. Todos los datos se registran en la ficha de registro.

La información de resistencias a la tracción para los dos primeros especímenes de cada tipo de soldadura y diámetro, se tabulan con el uso del Software Sony Vegas, en intervalos de cada 2 segundos, y junto a las longitudes y diámetros de las probetas se determina los esfuerzos máximos y de rotura. Dado que, del tercer espécimen para cada diámetro y tipo de soldadura, se obtienen adicionalmente las deformaciones, se analiza mediante las curvas de esfuerzo versus la deformación unitaria, graficadas en las hojas de Microsoft Excel con los datos tabulados en intervalos de cada 2 segundos, mediante la edición de los videos, empleando el Software Sony Vegas. Comparando y mostrando los efectos de la soldadura en la resistencia de tensión de empalmes de acero de refuerzo, y si dichos valores cumplen con los requisitos del artículo 6.3.7.2 del código AWS D1.4 y a su vez el artículo 12.14.3.4 de la norma E.060, en comparación con las resistencias de las barras patrón.

La información de las características de la falla por tracción (tipo de falla y posición de rotura) y del ensayo de doblado en frío (presencia de fisuras o no), se examinan y se tabulan, mostrando resumidamente los tipos de falla y la influencia que tiene la soldadura en la doblez de las juntas.

3.5.2. Análisis Estadístico

Como cualquier material, las propiedades mecánicas del acero, muestran variabilidad o dispersión en sus valores por depender de cualquier alteración en su composición. Asimismo, el ensayo destructivo de tracción y doblado, y al no poder

estudiar toda la producción de acero de una industria, conlleva a elegir una muestra y emplear métodos estadísticos para poder extraer información de los ensayos.

Para la información cuantitativa (resistencia a la tracción de los especímenes), se realiza un análisis estadístico descriptivo, y se usa a la media y mediana como medidas de tendencia central, y la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad, como medidas de variabilidad. Los datos para los especímenes se determinan de las tabulaciones de las resistencias a la tracción (esfuerzo máximo y esfuerzo de rotura o último), además, se determina la curva de esfuerzo-deformación solo para el tercer espécimen por cada diámetro y tipo de soldadura, determinando para todos los casos los esfuerzos de tracción actuantes. Además, González, Botero, Rochel, Vidal y Álvarez (2005), manifiestan que, *“los valores que caracterizan la curva esfuerzo-deformación se consideran variables continuas, por lo cual se puede buscar una aproximación de ajuste a una distribución normal (...). La distribución de una serie de medidas se puede aproximar a una normal siempre y cuando la fuente de error sea la respuesta a muchas pequeñas causas independientes. Si hay uno o varias causas de error predominantes o si estas no son independientes, las medidas presentarán un sesgo, y la distribución puede ser diferente a la normal”* (p.70). Sin embargo, previo a la contrastación de hipótesis, se verifica la normalidad de los datos, y se decide por el método respectivo.

En el análisis se realiza mediante Microsoft Excel 2016 para la verificación de la normalidad y en la prueba T-Student. Mientras que, en datos no normales, se usa el paquete estadístico SPSS Versión 21, para la prueba de Wilcoxon. Al Respecto, Hernández (2014), afirma que, *“el paquete estadístico SPSS fue desarrollado en la Universidad de Chicago, es uno de los más difundidos, es propiedad de IBM®, y que, contiene muchos análisis estadísticos”*.

3.5.2.1. Análisis Estadístico Descriptivo

En este paso se describen los datos obtenidos para los indicadores (esfuerzos de tracción f_u y relación f_u/f_y) de la variable dependiente, para los empalmes soldados y varillas de control, mediante los parámetros de tendencia central, dispersión y variabilidad, ordenados en tablas o matrices. Es conveniente describir de forma somera los conceptos estadísticos descriptivos, dado que, se emplearon en el análisis de los datos experimentales.

3.5.2.1.1. Medidas de Centralización.

Según, Rey y Ramil (2007), son las medidas estadísticas que se utilizan para cuantificar estas características que se refieren a los valores centrales de las variables.

a. Media Aritmética

Guisande, Vaamonde y Barreiro (2013), afirman que, “es conocida como la media o promedio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

donde x son cada uno de los valores i de la variable y n el número de datos.

Cuando la media es del conjunto de toda la población se suele denotar por el símbolo μ y cuando es la media de una muestra de la población, entonces se utiliza \bar{X} ”.

Asimismo, Rey y Ramil, afirman que, “se trata de repartir por igual el valor global o conjunto de las observaciones de la variable entre el número de datos disponibles”.

En esta tesis, la media se usó en la prueba de Shapiro Wilks y la de T-Student.

b. Mediana

“Es el valor para el cual, cuando todas las observaciones se ordenan de manera creciente, la mitad de éstas son menores que este valor y la otra mitad son mayores” (Guisande et al, 2013). En la presente tesis se usó esta medida en la prueba de Wilcoxon.

3.5.2.1.2. Medidas de Dispersión.

“Es importante la dispersión o variabilidad de los datos y las medidas de dispersión tienen como finalidad estudiar hasta qué punto, para una determinada distribución de datos, las medidas de posición representan bien el conjunto de datos de la distribución” (Guisande et al, 2013).

a. Varianza

“La varianza (s^2) mide de mejor forma de la dispersión de una serie de datos, comparando cada uno de ellos con la media de la serie” (Guisande et al, 2013). Según dichos autores, se calcula con la siguiente fórmula:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

b. Desviación Estándar

“El problema que presenta la varianza es que, para evitar valores negativos, las diferencias se elevan al cuadrado y para poder tener la medida de dispersión en las

mismas unidades que la media, se suele utilizar, en lugar de la varianza, la desviación estándar (s)” (Guisande et al, 2013). Dichos autores indican que, se calcula como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

c. Coeficiente de Variación

Rey y Ramil, afirman que, “esta medida, indica el número de veces que la desviación típica contiene a la media y dado que la desviación típica y la media están expresadas en las mismas unidades, al efectuar el cociente, el valor que se obtiene es adimensional”. Los autores sostienen que, está definido por:

$$CV = \frac{s}{|\bar{X}|}$$

Asimismo, Bueno (2006), afirma que, “el coeficiente de variación presenta las siguientes características:

- Es siempre >0
- Si, $CV < 0.33$, se trata de poblaciones normales, y cuando la muestra no es pequeña.
- Si, $CV < 1$, se trata de una población homogénea.
- Si, $CV > 1.5$, se trata de una población heterogénea, es decir alta variación en los datos”.

3.5.2.2. Análisis Estadístico Inferencial

Se realiza el análisis estadístico inferencial para determinar la relación entre la variable independiente (soldadura) y la variable dependiente (resistencia del empalme soldado). En este paso se analiza la normalidad de los datos experimentales con el modelo de Shapiro Wilks y luego se contrastan las hipótesis con la prueba estadística paramétrica T-Student para los datos normales y la prueba no paramétrica Wilcoxon para los datos no normales. En varios casos se utilizan pruebas unilaterales y bilaterales, con el fin de decidir por una sola alternativa de hipótesis, por ejemplo, al plantear el conector “menor o igual que” en la hipótesis nula y luego aceptarla, no se sabe si decidir por la alternativa de menor o de igual. Sin embargo, al plantear ambas pruebas, se puede descartar y decidir por una sola opción. Estas pruebas se realizan teniendo en cuenta un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3.5.2.2.1. Análisis de Normalidad

Se hace un análisis de normalidad con el fin de verificar la normalidad de los datos de los esfuerzos actuantes de tracción de las varillas de control y de los empalmes

soldados, y de sus diferencias para decidir sobre el tipo de prueba de hipótesis a usar. Asimismo, para analizar la forma de las distribuciones para los esfuerzos de tracción de las distintas muestras, se emplea la asimetría.

3.5.2.2.2. Test de Shapiro Wilk

“Se basa en medir el ajuste de los datos a una recta probabilística normal, donde en un ajuste perfecto los puntos formarían una recta de 45°. Asimismo, es el más conveniente para analizar muestras pequeñas (tamaño muestral < 30)” (Guisande et al, 2013).

El estadístico de contraste de la presente evaluación se calcula con el paquete estadístico de Microsoft Excel.

3.5.2.2.3. Asimetría

Guisande et al, afirman que, “este parámetro determina si una variable se distribuye de forma simétrica o no con respecto a un valor central. Menciona que, la distribución es simétrica si al lado derecho y al lado izquierdo del valor central la distribución de los datos es la misma, con un valor cercano a cero, si las frecuencias más altas se encuentran en el lado izquierdo de la media la distribución tiene asimetría positiva, y en el lado derecho si la asimetría es negativa”. Los autores sostienen que se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{Asimetría} = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \right)}{(n-1)(n-2)s^3}$$

3.5.2.2.4. Prueba de T-Student para muestras relacionadas

Según, Guisande et al., “esta prueba paramétrica compara las medias de dos variables de un solo grupo”. Asimismo, “calcula las diferencias entre los valores de cada variable y contrasta si la diferencia media es significativamente distinta de cero” (Sánchez, 1999, citado en Guisande et al., 2013).

Según Guisande et al., “esta prueba no exige ningún supuesto sobre las varianzas, pero sí requiere que la distribución de las diferencias de los valores de cada par sea Normal y si no lo es, pero el tamaño de la muestra es grande, el teorema central del límite garantiza que la distribución de probabilidad de la diferencia de las medias sea aproximadamente Normal, lo que permite utilizar la distribución Normal en lugar de la distribución t”.

En la presente tesis, se comparan los esfuerzos de tracción de las muestras de varillas de control y las muestras de empalmes soldados, donde el estadístico t, se calcula con Microsoft Excel.

3.5.2.2.5. Prueba de T-Student para la media poblacional (valor hipotético)

“Se aplica cuando una variable y la media de una muestra aleatoria siguen una distribución normal, con una media poblacional desconocida μ y cuando no se conoce la desviación típica de la población (solo se analiza una muestra de individuos del total de la población) y para un número de observaciones pequeño (menor de 30)” (Guisande et al, 2013). El autor señala que, “se puede utilizar la cuasidesviación típica (σ) de la muestra junto con la distribución t de Student”, e indica la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Mientras que, Mendenhall, Beaver y Beaver (2010), nos muestran el cálculo del estadístico de T-Student con la desviación estándar:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

En el análisis de hipótesis la media de la variable f_u/f_y se compara con el valor hipotético de $\mu_0=1.25$ (valor mínimo según la norma) para la verificación del requisito indicado en el artículo 6.2.6.1 de la AWS D1.4.

3.5.2.2.6. Prueba de Wilcoxon para pares relacionados

Guisande et al., dicen que, “los métodos no paramétricos o de distribución libre se utilizan cuando no podemos asumir los supuestos sobre normalidad e igualdad de varianzas en los datos”. Una de ellas es la de Wilcoxon, y según dichos autores, “es la prueba análoga a la t de Student para muestras relacionadas. Asimismo, afirman que, en lo que se refiere a la sensibilidad, es un contraste mucho más potente que el de t de Student, ya que, aunque también utiliza las diferencias entre los valores de cada caso, el valor absoluto de las diferencias se ordena en rangos (no simplemente positivo y negativo), habiendo más información sobre las diferencias que en el caso anterior”.

En la presente evaluación, el estadístico se calcula con el paquete estadístico SPSS.

CAPÍTULO IV.

TRABAJO EXPERIMENTAL

4.1. Elaboración de Empalmes Soldados

A continuación, se describe los materiales, equipo y el procedimiento que se utiliza en la elaboración de las muestras, atendiendo al corte en frío de las varillas de acero de refuerzo y respecto a los procesos de soldadura empleados. Asimismo, se describe la nomenclatura empleada para cada espécimen.

4.1.1. Materiales y Equipo

a) Material 1: Barras de construcción

Este material corresponde al acero de refuerzo para concreto armado, con alto contenido de carbono, y posee corrugas o resaltes tipo High-Bond. Las barras corresponden a la casa de SIDERPERÚ, y se emplearon diámetros de 8mm, 3/8", 1/2" y 5/8", cada una con longitudes de 9m. El límite de fluencia mínimo está especificado en la ficha técnica bajo las normas NTP 341.031 y ASTM A615/A615M G60, y corresponde al valor de $f_y = 420$ MPa. El esfuerzo máximo tiene un valor especificado mínimo de $f_u = 620$ MPa. La muestra está conformada por 7 barras, y se emplea una varilla de 8mm para los cubrejuntas de los empalmes de 3/8". En la Figura 19 se observa las barras de acero de refuerzo suministrados por SIDERPERÚ.

Figura 19

Barras de Acero de Refuerzo SIDERPERÚ



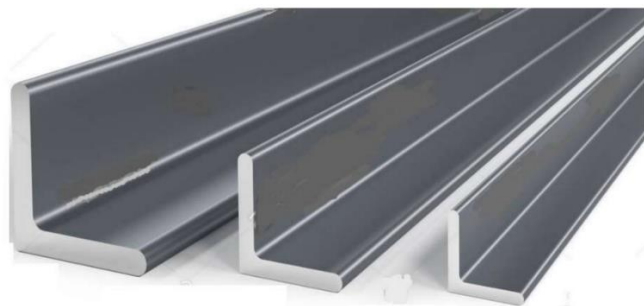
Nota. Varillas originales de las muestras de control y de empalmes soldados. Fuente: Propia. Tomada en la ciudad de Huaraz en Noviembre, 2019.

b) Material 2: Acero estructural

Corresponde a los ángulos estructurales, con bajo contenido de carbono, y su sección transversal está compuesta por dos alas de igual longitud, en ángulo recto. Los perfiles corresponden a la casa ACEROS AREQUIPA, y se emplean secciones de $1 \times 1 \times 1/8''$ y $1 \frac{1}{4}'' \times 1 \frac{1}{4}'' \times 3/16''$, cuya longitud comercial es de 6 m. El límite de fluencia mínimo está especificado en la ficha técnica bajo las normas NTP 341.031 y ASTM A36/A36M, y corresponde al valor de $f_y = 248.10$ MPa. El esfuerzo máximo tiene un valor especificado mínimo de $f_u = 400.10$ MPa. Se emplea en los empalmes soldados a tope indirecto con ángulo como cubrejunta. En la Figura 20 se observa los ángulos estructurales suministrados por ACEROS AREQUIPA.

Figura 20

Ángulos Estructurales SIDERPERÚ



Nota. Fuente: Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A (2019). Ángulo Estructural A36.

c) Materiales 3: Materiales de relleno en la soldadura

1. Para el proceso SMAW

En el proceso SMAW, para la soldadura de barras de 3/8" y 1/2", se usaron los electrodos revestidos de tipo básico, bajo la norma AWS A5.5 / ASME-SFA 5.5 con la clasificación E9018-G y según la tabla B.3 del Apéndice B, conforme a los requisitos indicados en la norma AWS D1.4. El límite de fluencia mínimo especificado es de 560 MPa, mientras que esfuerzo máximo posee en valor mínimo de 630 MPa, y el diámetro de los electrodos empleados en esta investigación fue de 1/8". El material se obtuvo bajo pedido a un distribuidor de la compañía SOLDEXA, en una cantidad mínima, cuyo nombre comercial es TENACITO 65 y su ficha técnica se adjunta en el Anexo C. En la soldadura de las barras de 5/8", se aplican los electrodos bajo la norma AWS A5.1 / ASME-SFA 5.1 y clasificación E7018, los cuales no cumplen con la recomendación indicada en la AWS D1.4 (véase la Tabla B.3 del Apéndice B), y cuyo nombre comercial es SUPERCITO, con una resistencia mínima a la fluencia de 400 MPa y resistencia máxima de 520 MPa (ficha técnica se adjunta en el Anexo D). Dicho material se obtuvo del distribuidor ACEROS en la ciudad de Huaraz. En la Figura 21 se observa una muestra de electrodos de una cantidad de 6Kg.

Figura 21

Electrodos TENACITO 65 de Diámetro 1/8"



Nota. Fuente: Propia.

2. Para el proceso GMAW

En el proceso GMAW, para la soldadura de barras de 3/8" y 1/2", se usó el alambre macizo, bajo la especificación AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18 y clasificación ER70S-6, que según la Tabla B.3 del Apéndice B, no cumple con la recomendación AWS D1.4, lo que significa que en esta investigación se evalúa si dicho material es adecuado para obtener la resistencia requerida. El límite de fluencia mínimo

especificado es de 410 MPa, mientras que esfuerzo máximo posee en valor mínimo de 497 MPa, y el diámetro de los electrodos empleados en esta investigación es de 1 mm. El material se obtuvo bajo pedido a un distribuidor de la compañía SOLDEXA, en una cantidad mínima, cuyo nombre comercial es SOLDAMIG ER70S-6 (véase la ficha técnica adjunta en el Anexo E. En la Figura 22 se muestra el alambre macizo, dispuesto en forma de bobina.

Figura 22

Alambre Macizo SOLDAMIG ER70S-6 de Diámetro 1mm



Nota. Fuente: Propia.

3. Para el proceso GTAW (TIG)

Este proceso, en la soldadura de barras de 3/8" y 1/2", se usó la varilla sólida, bajo la especificación AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18 y clasificación ER70S-6, y se observa que en la Tabla B.3 del Apéndice B, no hay recomendaciones, ya que este proceso no lo menciona la norma AWS D1.4. Sin embargo, se evaluó este proceso y su material de aporte, respecto a la resistencia de los empalmes. El límite de fluencia mínimo especificado es de 420 MPa, mientras que esfuerzo máximo posee en valor mínimo de 500 MPa, y el diámetro de la varilla sólida es de 3/32". El material se obtuvo bajo pedido a un distribuidor de la compañía SOLDEXA, en una cantidad mínima, cuyo nombre comercial es TIGFIL St6 (ficha técnica adjunta en el Anexo F).

d) Materiales 3: Gases de Protección

El gas de protección en el proceso GMAW es el Dióxido de carbono y en el proceso GTAW es el Argón. En la Figura 23 se muestra el suministro de los gases de protección y sus reguladores.

Figura 23

Depósitos de Gases Usados en el Proceso GTAW



Nota. Depósito con dióxido de carbono (izquierda). Depósito con argón (derecha).
Fuente: Propia.

e) Equipo

Para definir las longitudes y el corte en frío de las barras de acero, se usa una wincha y amoladora que se muestran en la Figura 24.

Figura 24

Herramientas Para el Corte de Varillas en Frio



Nota. Wincha (izquierda). Amoladora (derecha). Fuente: Propia.

1. Equipo del proceso SMAW

Para la elaboración de los especímenes, el equipo se conforma de un soldador calificado 4G con el equipo de protección personal adecuado, una fuente de energía (véase la hoja técnica adjunta en el Anexo G y Anexo H), el cable de soldadura, el conector de la pieza de trabajo y el porta electrodo. En la Figura 25 se observa el equipo.

Figura 25

Equipo Usado en el Proceso SMAW



Nota. Fuente de energía usado en los especímenes de 3/8" y 1/2"(izquierda). Fuente de energía usado en los especímenes de 5/8"(centro). Soldador 4G, cable de soldadura y porta electrodo (derecha). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2019.

2. Equipo del proceso GMAW

Para la elaboración de los empalmes, el equipo está conformado de un soldador calificado 4G, una fuente de energía (véase la hoja técnica adjunta en el Anexo I) y demás componentes mostrados en la Figura 26.

Figura 26

Equipo Usado en el Proceso GMAW



Nota. Fuente de alimentación y de energía (izquierda). Unidad de alimentación de electrodos y suministro de electrodos (centro). Soldador calificado 4G y pistola de soldadura con sus accesorios (derecha). Fuente: Propia. Tomada en Enero, 2020.

3. Equipo del proceso GTAW

El equipo está conformado de un soldador calificado 4G con su equipo de protección, una fuente de energía (véase la hoja técnica adjunta en el Anexo J) y demás componentes mostrados en la Figura 27.

Figura 27

Equipo Usado en el Proceso GTAW



Nota. Fuente de energía (derecha). Soldador 4G, vara de soldadura (electrodo de tungsteno) y antorcha (izquierda). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

4.1.2. *Justificación de la elección de los materiales y procesos de soldadura*

El acero de refuerzo descrito es común en el uso de construcción de edificaciones y otras estructuras en la ciudad de Huaraz, siendo el motivo de su empleo en esta investigación. Asimismo, con relación a la soldadura, el proceso SMAW se puede encontrar en la mayoría de talleres de soldadura, el proceso GMAW no es tan común, siendo usado solo en algunos talleres de soldadura de la ciudad de Huaraz, siendo ambos procesos recomendados por la AWS D1.4. El proceso GTAW es más costoso, por lo que su uso no es común, pero también es un proceso que se elige para esta investigación con la finalidad de la evaluación. Respecto a los materiales de relleno, se selecciona el electrodo E9018-G para el proceso SMAW porque se busca evaluar la recomendación de la AWS D1.4, el alambre y varilla ER70S-6, son elegidos porque son comunes cuando se emplean procesos de soldadura GMAW y GTAW.

4.1.3. *Procedimiento*

4.1.3.1. **Corte en frío para la conformación de las muestras**

Las longitudes de corte se toman de acuerdo a la Tabla 8 y los detalles de los planos adjuntos en el Apéndice E, y según la longitud disponible en la máquina de

ensayo. En la Figura 28 se observa el proceso de cortado y la disposición de piezas para el posterior soldado.

Figura 28

Corte en Frio y Disposición de las Varillas de Acero de Refuerzo



Nota. Corte en frio de las barras de acero (izquierda). Disposición de piezas de barras de acero cortadas (derecha). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Enero, 2020.

4.1.3.2. Marcación y apuntalamiento

El soldador calificado 4G, realiza la marcación de las longitudes de soldadura y apuntalamiento en las conexiones de las piezas de acero de acuerdo con los planos (véase el Apéndice E). La Figura 29 muestra las marcas y apuntalamiento para una junta a solape directo con barras en contacto.

Figura 29

Marcas y Apuntalamiento de la Junta a Soldar



Nota. Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Enero, 2020.

4.1.3.3. Procedimiento de Soldadura

Se elaboran los empalmes o juntas soldadas bajo las recomendaciones indicadas en la AWS D1.4, cumpliendo con las longitudes de cordones y espesores de gargantas efectivas de soldadura indicadas en los planos (véase el Apéndice E), siendo el soldador homologado de la categoría 4G. Asimismo, el tesista está presente continuamente para verificar el cumplimiento de los planos y recomendaciones descritas en la AWS D1.4. Se varía el proceso de soldadura (SMAW, GMAW y GTAW) y el material de relleno, mientras que la posición de soldadura se mantiene vertical y constante (simulando la soldadura de empalmes en las mechas de las barras del acero de refuerzo de miembros estructurales verticales, como columnas y placas). Otros factores que intervienen en una soldadura son la temperatura, voltaje y amperaje, los cuales no se consideran como indicadores de esta investigación. Sin embargo, se registran los datos en el formulario de especificación de procedimiento de soldadura (WPS) del AWS D1.4 (véase el Apéndice F), y se considera a la alta temperatura como un factor que debilita a la barra de acero, por la cristalización de las moléculas (tal como se mencionó en el marco referencial), visualizando este efecto en la rotura de barras en la vecindad de la soldadura. Se describe el procedimiento realizado en elaboración de las muestras, para cada proceso de soldadura.

a) Proceso SMAW

La Figura 30 muestra el proceso SMAW, al soldador homologado 4G y la posición de soldadura vertical y ascendente. En este proceso se elimina la escoria una vez culminada la soldadura y después del enfriamiento de los empalmes.

Figura 30

Procedimiento se Soldadura SMAW



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Enero, 2020.

b) Proceso GMAW

La Figura 31 muestra el proceso GMAW, al soldador homologado 4G y una posición de soldadura vertical y ascendente.

Figura 31

Procedimiento de Soldadura GMAW



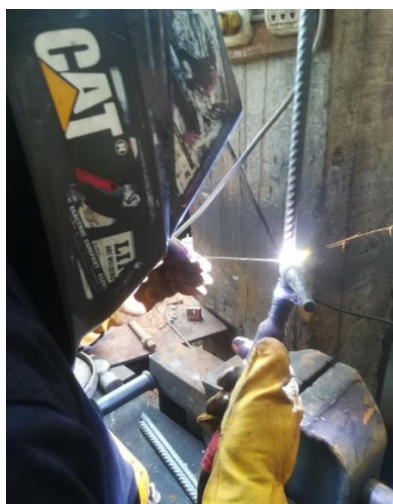
Nota. Verificación del Tesista según los planos y especificaciones (izquierda). Proceso de soldadura (derecha). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Enero, 2020.

c) Proceso GTAW

La Figura 32 muestra el procedimiento, el soldador homologado 4G y una posición de soldadura vertical y ascendente.

Figura 32

Procedimiento de Soldadura GTAW



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Enero, 2020.

4.2. Descripción de los Empalmes Soldados

Los especímenes se clasifican de acuerdo al proceso y tipo de junta, con longitudes de cordones y espesores de soldadura, detallados en los planos (véase el Apéndice E). En la Figura 33 se observa los empalmes soldados de los cuatro tipos de juntas, según el proceso de soldadura y el diámetro.

Figura 33

Empalmes Soldados



Nota. Empalmes soldados con varillas principales de diámetro 3/8" (izquierda) y 1/2" (derecha). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Las longitudes de los especímenes varían de acuerdo a la disponibilidad de longitud, capacidad de deformación que tiene la máquina de ensayo y cuánto podría deformarse la barra. La Tabla 8 señala las longitudes de cada espécimen.

Tabla 8

Longitudes de los Especímenes

Diámetro (pulg)	Tipo de Junta	Longitud en la Prueba de Tracción (m)	Longitud en la Prueba de Doblado (m)
3/8"	Barra patrón	0.82	
1/2"	Barra patrón	0.70	
5/8"	Barra patrón	0.60	
3/8"	tope directa	0.82	0.13
3/8"	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	0.75	
3/8"	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	0.75	0.13

Diámetro (pulg)	Tipo de Junta	Longitud en la Prueba de Tracción (m)	Longitud en la Prueba de Doblado (m)
3/8"	solape directo con barras en contacto	0.82	0.13
1/2"	tope directa	0.65	0.13
1/2"	tope indirecta con un ángulo cubrejunta	0.65	
1/2"	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	0.65	0.13
1/2"	solape directo con barras en contacto	0.65	0.13
5/8"	tope indirecta con 2 barras cubrejuntas	0.60	0.13

Nota. Fuente: Propia

4.3. Ensayos. Justificación.

Existe un grupo de especímenes que son sometidos a ensayos de tracción, donde a una muestra no se le aplica la soldadura (barras patrón) y las otras muestras son empalmes soldados. Además, hay otro grupo de especímenes para el ensayo de doblado, donde no hay una muestra de especímenes de control. En la ficha de registro (ver Apéndice K) se señala el resumen de trabajos realizados con cada una de las probetas.

4.3.1. Ensayo de tracción simple

Se determina la resistencia a tracción, o como afirma Hibbeler, “la resistencia máxima o última de cada probeta”. Los resultados experimentales de este ensayo constituyen la parte principal de esta tesis, en los cuales se dedica más tiempo y detalle. Se ensayan en total 84 probetas, que abarca 75 empalmes soldados y 9 probetas de control, donde a cada tipo de empalme según el diámetro, proceso y material de relleno de soldadura, y tipo de junta, le corresponde 3 probetas, para cuantificar la resistencia a la tracción de manera más precisa (se determina la media de la resistencia de las 3 probetas), según la Tabla 7. En este grupo se incluyen los empalmes soldados de diámetro 5/8”, solo para juntas a tope indirecta con barras cubrejunta, elaborados con el proceso SMAW, porque son las características de la soldadura de donde se obtuvo mejores resultados, es por ello que se elaboran los especímenes de barras de 5/8” después de determinar los resultados de las demás muestras. Adicionalmente se observa el tipo de las superficies de rotura, y tal como afirma Suárez (2013), se clasifica en superficie de copa y cono, y en plana y perpendicular a la carga, obteniendo información del comportamiento dúctil o frágil de la probeta. Sin embargo, se

determina la curva de esfuerzo-deformación, de uno de los especímenes de esas 3 probetas, con la finalidad de alimentar los objetivos específicos de esta investigación, adquiriendo una idea de los parámetros involucrados, como el esfuerzo de fluencia, de rotura, deformaciones y la ductilidad de cada probeta.

4.3.2. Ensayo de Doblado

Se determina si la junta de soldadura se agrieta o no, o si presenta alguna irregularidad, bajo un doblado de 90°, y si es que el empalme soldado se fractura, indica que no pasa la prueba, tal como indica la ASTM E-290. Además, con este ensayo se complementa el criterio para mejorar el conocimiento de la ductilidad de los empalmes soldados. Mientras la falla de soldadura se ubica en la longitud de la soldadura, se establece un comportamiento no dúctil, y que la zona de rotura es frágil, tal como indican Naranjo, Ojeda y Saquinga (2015). Se ensayan un total de 21 empalmes soldados, para distintos diámetros y soldaduras, según la Tabla 7, los cuales incluyen al empalme de 5/8", que tiene las características del empalme más óptimo en la prueba de resistencia a tracción.

4.4. Descripción del trabajo experimental

4.4.1. Ensayos de tracción simple

4.4.1.1. Probetas o Especímenes

En esta evaluación se busca determinar la resistencia a la tracción de los empalmes soldados, que están afectados por los siguientes parámetros de soldadura: tipo de junta, proceso de soldadura y material de relleno, y por el espesor del material base o diámetro de la barra, el cual es un factor en la resistencia. Asimismo, previamente se han diseñado de acuerdo a los criterios de resistencia y recomendaciones de las normas AWS D1.4 y UNE:36832. A continuación, se describen las probetas empleadas atendiendo a los parámetros mencionados.

a) Probetas de diferentes diámetros

Los miembros unidos en los empalmes soldados son barras corrugadas de acero de refuerzo de diámetros comerciales de 3/8", 1/2" y 5/8", siendo este último fabricado con la soldadura más óptima, y cumplen con la norma peruana NTP 341.031 y la norma americana ASTM A615. Para los empalmes del tipo junta indirecta con barras cubrejunta, se emplean diámetros de barras corrugadas menores para la cubrejunta, así, para los empalmes de 3/8", la cubrejunta es de 8mm, para 1/2" es 3/8" y para 5/8" es 1/2". Además, se emplea un grupo control, conformado por barras patrón (sin soldadura), de diámetros 3/8", 1/2" y 5/8".

b) Probetas con diferentes tipos de junta soldada y para cada proceso.

En esta evaluación se ha empleado cuatro tipos de juntas soldadas y 3 procesos de soldadura, con detalles, longitudes de cordón de soldadura y garganta efectiva bajo las recomendaciones de la AWS D1.4 y UNE:36832, indicadas en los planos (véase el Apéndice E). La Figura 34, Figura 35, Figura 36 y Figura 37 muestran las 4 juntas para cada proceso de soldadura.

Figura 34

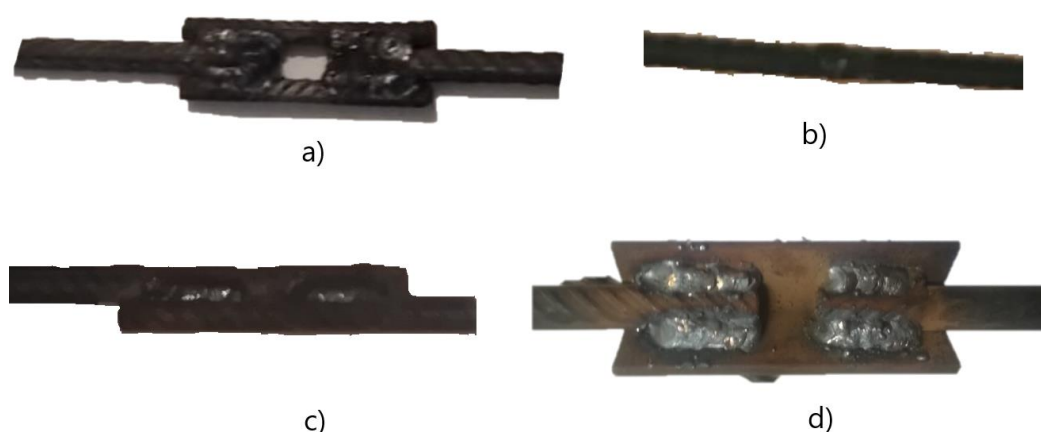
Juntas Soldadas del Proceso SMAW (varillas de 3/8" y 1/2")



Nota. Material de relleno: electrodo E9018-G. a) Junta a tope directa. b) Junta a tope indirecta con un ángulo como cubrejunta. c) Junta a tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas. d) Junta a solape directo con barras en contacto. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 35

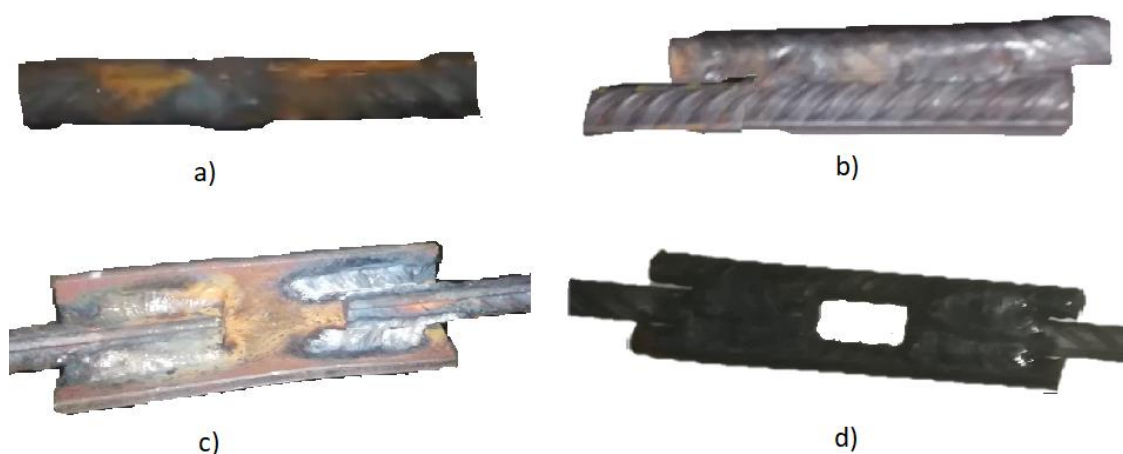
Juntas Soldadas con el Proceso GMAW



Nota. Material de relleno: electrodo ER70S-6. a) Junta a tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas. b) Junta a tope directa. c) Junta a solape directo con barras en contacto. d) Junta a tope indirecta con un ángulo como cubrejunta. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 36

Juntas Soldadas con el Proceso GTAW



Nota. Material de relleno: electrodo ER70S-6. a) Junta a tope directa. b) Junta a solape directo con barras en contacto. d) Junta a tope indirecta con un ángulo como cubrejunta. c) Junta a tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Abril, 2020.

Figura 37

Junta Soldada del Proceso SMAW (varillas de 5/8")



Nota. Junta a tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas. Material de relleno: electrodo E7018-G. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

4.4.1.2. Preparación de las probetas

No ha sido necesario previamente preparar los especímenes antes de realizar el montaje para el ensayo a tracción, porque el registro de cargas y deformaciones se da en el manómetro digital, mientras que las deformaciones para cada tercer espécimen (M-3) se registra en el vernier digital. Se diferencia cada probeta mediante la colocación de un letrero según las características de soldadura y diámetro.

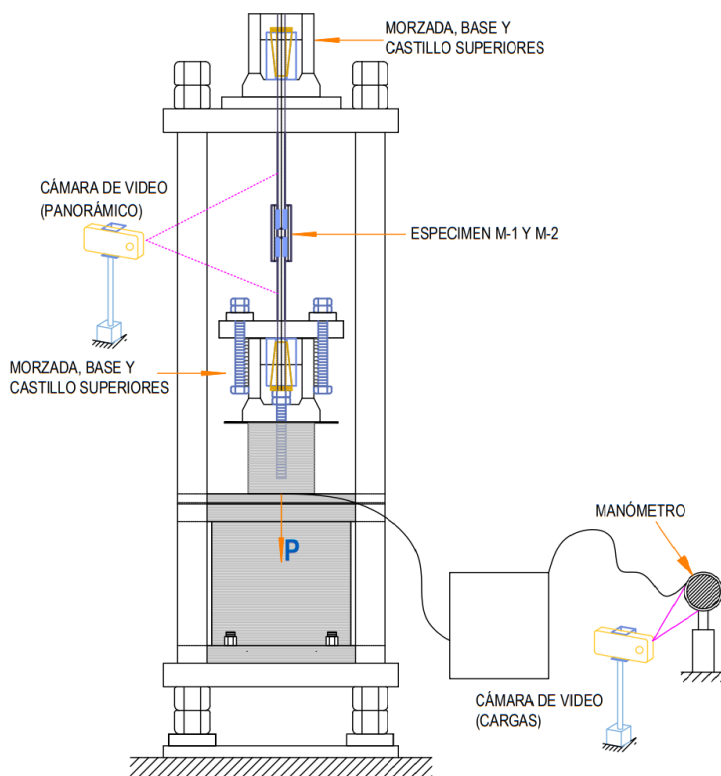
4.4.1.3. Montaje del ensayo

En la Figura 38 y Figura 39 se observa el sistema de montaje para el ensayo a tracción, con los siguientes pasos: ajuste a la máquina de ensayo en su máxima

capacidad de deformación (ya que las barras de refuerzo son muy dúctiles), colocación de los castillos en la máquina de ensayo (inferior y superior), ajuste de la probeta y mordazas de manera vertical, colocación de planchas metálicas sobre el castillo inferior, ajuste de las planchas mediante tornillos y tuercas de 1" de diámetro, y la instalación de cámaras. Asimismo, se observa el uso de cámaras fijas y sujetas mediante dispositivos, donde para todos los especímenes (M-1, M-2 y M-3), una cámara graba el video de la lectura del manómetro digital para las cargas instantáneas y otra cámara graba el fenómeno panorámico hasta la rotura de la probeta. Además, se registra el video de la lectura del vernier digital de las deformaciones de los especímenes M-3.

Figura 38

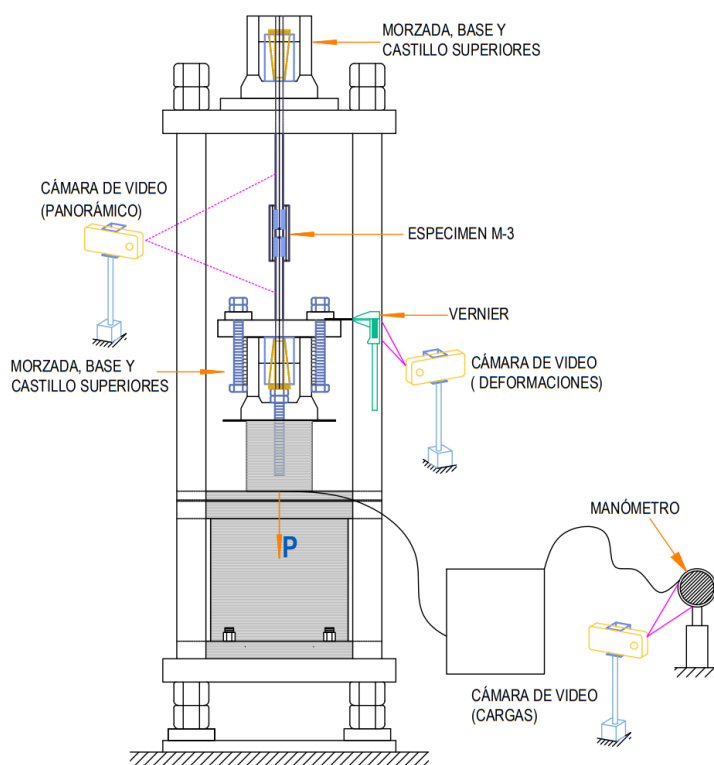
Esquema del Ensayo a Tracción de los Especímenes 1 y 2



Nota. Fuente: Propia. Elaboración: Erlin Smith Barreto Vega.

Figura 39

Esquema del Ensayo a Tracción de los Especímenes 3



Nota. Fuente: Propia. Elaboración: Erlin Smith Barreto Vega.

4.4.1.4. Métodos y equipo empleado

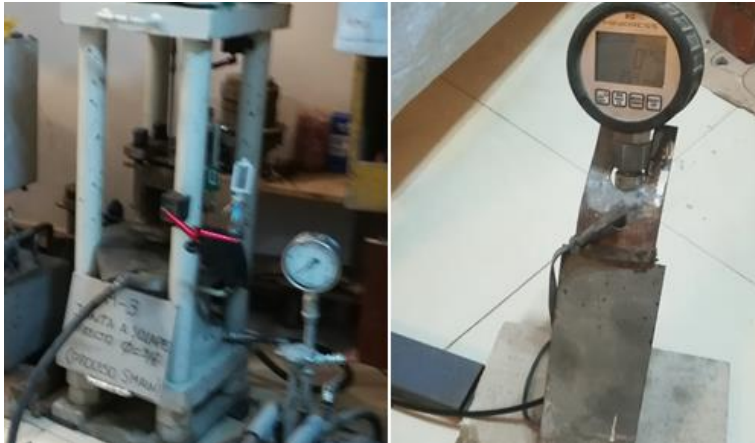
En todas las probetas, la carga se mide mediante un manómetro digital que cuantifica la presión hidráulica de la hidrolina que se ejerce al aplicar la carga, donde los esfuerzos de tracción se incrementan cada vez que transcurre el tiempo de aplicación gradual de cargas. El método se aplica hasta la rotura del espécimen y mediante una cámara se graba la lectura de las cargas aplicadas instantáneas hasta la rotura, sin embargo, la presión máxima se registra por el manómetro.

Para cada tercera probeta (especímenes M-3) se mide las deformaciones mediante un vernier digital colocado fijamente como se muestra en la Figura 39. Durante la estricción de cada espécimen el vernier se mueve fijamente junto a la parte inferior (pernos, tuercas, mordaza, base y castillo), donde la mordaza está fijamente sujeta a la probeta. Mientras que el extremo superior se mantiene estático, como se observa en las figuras. Mediante una cámara estática se graba el registro de deformaciones que lectura el vernier. En todos los ensayos se usa un adecuado equipo de protección personal, compuesto de casco, guantes, lentes y chalecos de seguridad. El montaje final y nomenclatura se adjunta en el Apéndice G, mientras que las probetas

ensayadas rotura se adjuntan en el Apéndice I. En la Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43 y Figura 44, se observa los materiales y equipo empleado.

Figura 40

Máquina de Ensayo a Tracción y Manómetro Digital



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 41

Bases con Perforaciones Truncocónicas de Acero Común



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 42

Mordazas de Acero con Previo Tratamiento Térmico



Nota. a) Mordazas para las varillas de 3/8", 1/2" y 5/8". b) Vista interna de la mordaza.

Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 43

Cámaras Para Grabación de Lectura de Deformaciones y Cargas



Nota. Lectura de deformaciones (izquierda). Lectura de cargas (derecha). Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura 44

Equipo de Protección Personal Para la Ejecución de Ensayos



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

4.4.2. Ensayos de Doblado.

4.4.2.1. Probetas o especímenes

Poseen 13 cm de longitud, con las mismas características que las de tracción, y mediante la observación se determina si el empalme se fractura o se agrieta bajo un tiempo determinado de la aplicación de la carga, y se verifica la presencia de grietas. A continuación, se describen las probetas empleadas.

a) Probetas de diferentes diámetros.

Las varillas de los empalmes soldados para el doblado tienen las mismas características que las barras usadas en el ensayo de tracción.

b) Probetas con diferentes tipos de junta soldada y para cada proceso.

Se ensayan las juntas a tope directa y a solape, a excepción de los empalmes GMAW de 3/8", para el cual también se ensaya la junta a tope indirecta con barras como cubrejuntas. Las juntas tuvieron el mismo diseño que los empalmes del ensayo de tracción.

4.4.2.2. Preparación de las probetas

No es necesario la preparación previa antes del montaje para el ensayo de doblado, ya que, solo se observa la presencia de fisuras o la fractura repentina durante la aplicación de la carga. Se diferencia cada probeta mediante un letrero según el tipo de soldadura y diámetro.

4.4.2.3. Montaje del ensayo

La Figura 45 muestra el sistema de montaje. Se usa una cámara para obtener las fotografías de las posibles fracturas o fisuras producidas.

Figura 45

Esquema del Ensayo de Doblado



Nota. Fuente: Propia.

4.4.2.4. Métodos y equipo empleado

La carga se mide mediante un manómetro digital que cuantifica la presión hidráulica de la hidrolina que se ejerce al aplicar la carga, donde los esfuerzos de tracción se incrementan cada vez que transcurra el tiempo de aplicación gradual de cargas. El método se aplica hasta la aparición de fisuras o fractura repentina.

En los ensayos se usa el equipo de protección personal (casco, guantes, lentes y chalecos de seguridad). El montaje final y la nomenclatura se adjunta en el Apéndice H, y las fotografías de los empalmes después del ensayo en el Apéndice J.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS

5.1. Datos de la muestra

Para el ensayo de tracción, inicialmente se ensayaron los especímenes de las tres primeras muestras para las barras patrón, correspondientes a distintos diámetros. Luego se ensayaron 25 muestras, correspondientes a distintos procesos de soldadura, tipo de junta y diámetro de la barra principal. Por cada muestra se analizaron tres especímenes diferentes, haciendo un total de 84 ensayos de tracción.

En el ensayo de doblado se emplearon 14 muestras, correspondientes a distintos procesos de soldadura, tipo de junta y diámetro de la barra principal. Por cada muestra se analizaron tres especímenes diferentes, haciendo un total de 72 ensayos de doblado.

5.2. Consideraciones para el cálculo de esfuerzos actuantes

Inicialmente los datos obtenidos de los ensayos a tracción fueron las cargas externas que soportaron las probetas hasta su rotura. Datos que se usaron para el cálculo de los esfuerzos actuantes. Se consideraron los siguientes criterios básicos de la resistencia de Materiales en cada tipo de junta:

5.2.1. *Junta a Tope Directo.*

Para todos los componentes de la junta a tope directa (soldadura y barras) la carga actúa en el eje centroidal y no hay excentricidad. Los esfuerzos actuantes son solo de tensión.

5.2.2. *Junta a Solape Directo.*

Puesto que la carga de tracción actuante en la barra inferior tiene dirección longitudinal y actúa con cierta excentricidad respecto a la barra superior, hay un momento flector, y por consiguiente una sección resistente que es paralela a la tensión. El momento flector es mínimo ya que la sección resistente posee un alto momento de inercia y los esfuerzos generados son perpendiculares a la dirección de la tensión de la barra. Pero se sabe que las especificaciones técnicas de las barras de acero corrugado solo señalan las resistencias a tensión. Por consiguiente, solo se considera el esfuerzo

de tensión generado en las barras. Sin embargo, la resistencia de la soldadura se determina con la acción del momento flector y el corte longitudinal.

5.2.3. Junta a Tope Indirecta con 2 Barras Como Cubrejointa

Para todos sus componentes (barras principales, soldadura y cubrejointas), no hay esfuerzos debido a momentos flectores porque no hay excentricidad (el centro de gravedad de todos los componentes está ubicado exactamente en el centroide de la junta y coincide con el eje de aplicación de la carga P) y además presentan simetría.

5.2.4. Junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejointa

La soldadura y la cubrejointa presentan excentricidades en direcciones x e y, por lo que hay momentos flectores actuantes. Sin embargo, para las barras principales no existe excentricidad y están en el mismo eje de aplicación de la carga axial, por consiguiente, el esfuerzo actuante es solo de tensión generado por la carga axial. Asimismo, por lo cual no hay excentricidad para estas barras. Las fuerzas actuantes (axial P) son externas y están contenidas en el mismo eje de las barras principales, por lo cual no hay excentricidades.

5.3. Resultados de los Ensayos

Se muestran los resultados de los trabajos experimentales realizados en la presente tesis. Los valores de los esfuerzos mostrados se calcularon según la NTP 341.031-2008, donde indica que “la determinación de tracción unitaria estará basada en en el área nominal de la barra” y se refieren a los convencionales o de ingeniería. La Tabla 9 señala a los datos obtenidos para la resistencia a la tensión de las probetas patrón, mientras que en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 se muestran los datos para los empalmes soldados. Asimismo, en la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15 se muestra si el espécimen se fisura o no en el proceso de doblado.

Tabla 9

Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas Patrón

Diámetro de la Barra	Cargas Actuantes Máximas Convencionales					
	Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)
3/8"	4.99	7029.39	5.26	7408.57	5.22	7350.24
1/2"	9.84	7625.41	9.80	7593.30	9.40	7288.28
5/8"	15.18	7627.99	14.70	7388.64	15.24	7659.21

Nota. Datos experimentales convencionales. Fuente: Propia. P_{máx} es la carga de tracción externa. σ_{máx} es el esfuerzo actuante de tracción máximo.

Tabla 10*Cargas Actuales de Tracción Máximas de las Probetas SMAW*

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Cargas Máximas Convencionales					
		Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)
3/8"	Tope directa	4.14	5833.52	5.03	7087.73	4.56	6416.87
3/8"	Solape directo con barras en contacto	4.93	6941.89	5.22	7350.24	5.55	7816.92
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	5.30	7466.91	4.83	6796.05	5.05	7116.90
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	5.20	7321.07	5.22	7350.24	5.43	7641.91
1/2"	Tope directa	7.31	5666.88	6.17	4783.94	6.25	4848.15
1/2"	Solape directo con barras en contacto	9.05	7015.37	9.34	7240.12	9.28	7191.96
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	8.66	6710.36	9.57	7416.71	9.17	7111.70
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	9.19	7127.75	9.40	7288.28	9.65	7480.93
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	15.26	7669.61	15.35	7711.24	14.83	7451.08

Nota. Datos experimentales convencionales tomado de los Ensayos de Tracción.

Fuente: Propia.

P_{máx}: Carga actuante de tracción externa.

σ_{máx}: Esfuerzo actuante de tracción máximo.

Tabla 11*Cargas Actuales de Tracción Máximas de las Probetas GMAW*

Diám. Barra	Tipo de Junta	Cargas Máximas Convencionales					
		Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)
3/8"	Tope directa	4.70	6621.05	4.45	6271.04	4.14	5833.52
3/8"	Solape directo con barras en contacto	5.80	8166.93	5.90	8312.77	6.13	8633.61

Diám. Barra	Tipo de Junta	Cargas Máximas Convencionales					
		Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	5.18	7291.90	5.36	7554.41	5.63	7933.59
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	5.57	7846.09	5.41	7612.75	6.17	8691.95
1/2"	Tope directa	6.25	4848.15	6.07	4703.67	7.00	5426.08
1/2"	Solape directo con barras en contacto	9.98	7737.78	9.48	7352.50	9.19	7127.75
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	9.73	7545.14	9.48	7352.50	9.09	7047.48
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	10.06	7802.00	9.92	7689.62	10.25	7946.48

Nota. Datos experimentales convencionales tomado de los Ensayos de Tracción.

Fuente: Propia.

P_{máx}: Carga actuante de tracción externa.

σ_{máx}: Esfuerzo actuante de tracción máximo.

Tabla 12

Cargas Actuantes de Tracción Máximas de las Probetas GTAW

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Cargas Máximas Convencionales					
		Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)	P _{máx} (Ton)	σ _{máx} (Kg/cm ²)
3/8"	Tope directa	4.22	5950.19	4.10	5775.19	4.60	6475.21
3/8"	Solape directo con barras en contacto	5.36	7554.41	6.11	8604.44	6.07	8546.11
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	5.65	7962.76	5.80	8166.93	6.13	8633.61
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	6.07	8546.11	5.18	7291.90	5.88	8283.60
1/2"	Tope directa	5.12	3965.21	4.76	3692.30	6.07	4703.67
1/2"	Solape directo	8.66	6710.36	9.86	7641.46	8.82	6838.79
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	10.06	7802.00	8.88	6886.95	9.48	7352.50

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Cargas Máximas Convencionales					
		Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		$P_{m\acute{a}x}$ (Ton)	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Kg/cm ²)	$P_{m\acute{a}x}$ (Ton)	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Kg/cm ²)	$P_{m\acute{a}x}$ (Ton)	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Kg/cm ²)
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	7.31	5666.88	8.76	6790.63	6.07	4703.67

Nota. Datos experimentales convencionales tomado de los Ensayos de Tracción.

Fuente: Propia.

$P_{m\acute{a}x}$: Carga actuante de tracción externa.

$\sigma_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo actuante de tracción máximo.

Tabla 13

Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas SMAW

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Fenómeno Observado		
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
3/8"	Tope directa	Se fisura	Se fisura	No se fisura
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Mínima Fisura	No se fisura	Mínima fisura
1/2"	Tope directa	Se fisura	No se fisura	Se fisura
1/2"	Solape directo	Mínima fisura	Poca fisura	Poca fisura en soldadura
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	Poca fisura	Se fisura	Poca fisura

Nota. Fuente: Propia.

Tabla 14

Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas GMAW

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Fenómeno Observado		
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
3/8"	Tope directa	Se fisura en soldadura	No se fisura en soldadura	fisura en soldadura.
3/8"	Solape directo	No fisura	No fisura	No fisura
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	No fisura	No fisura	Se fisura en la barra
1/2"	Tope directa	No fisura	Se fisura	Se fisura
1/2"	Solape directo	Se fisura	Poca fisura	No fisura

Nota. Fuente: Propia.

Tabla 15

Fallas Observadas en el Doblado de las Probetas GTAW

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Fenómeno Observado		
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
3/8"	Tope directa	Se fisura	Se fisura	Se fisura
3/8"	Solape directo con barras en contacto	No fisura	No fisura	Se fisura en la barra.
1/2"	Tope directa	Se fisura	Se fisura	Se fisura
1/2"	Solape directo con barras en contacto	No fisura	No fisura	No fisura

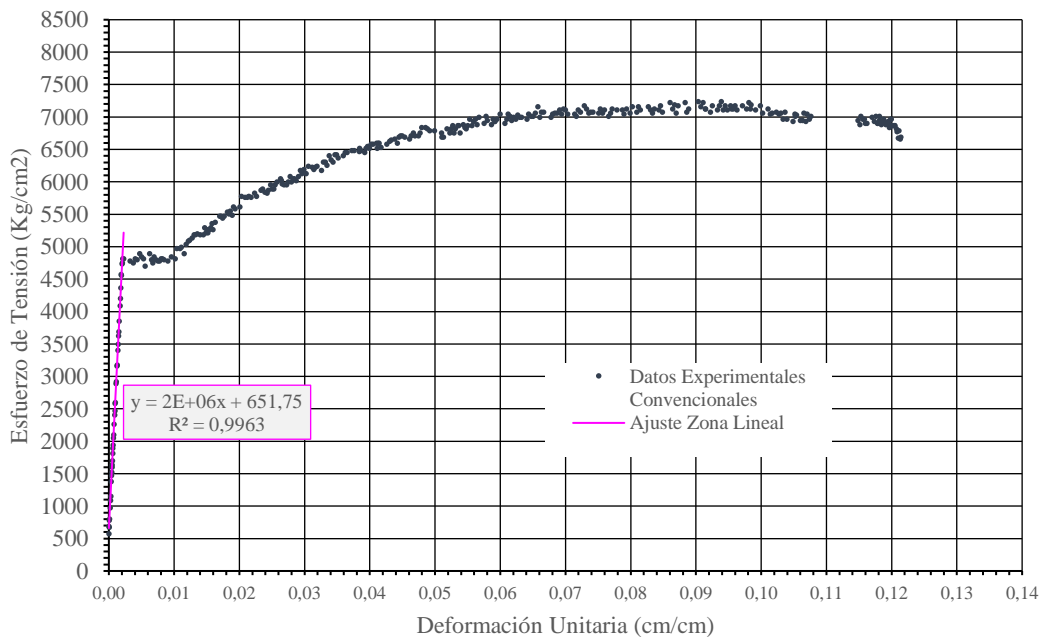
Nota. Fuente: Propia.

Asimismo, para cada tercer espécimen de cada muestra, se midieron las cargas y deformaciones en el ensayo de tracción, obteniendo las curvas convencionales (conocidas como curvas de ingeniería) de tensiones y deformaciones unitarias, para una apreciación simple de la ductilidad.

Desde la Figura 46 hasta la Figura 70 se muestran los datos experimentales en los diagramas convencionales de las tensiones y deformaciones.

Figura 46

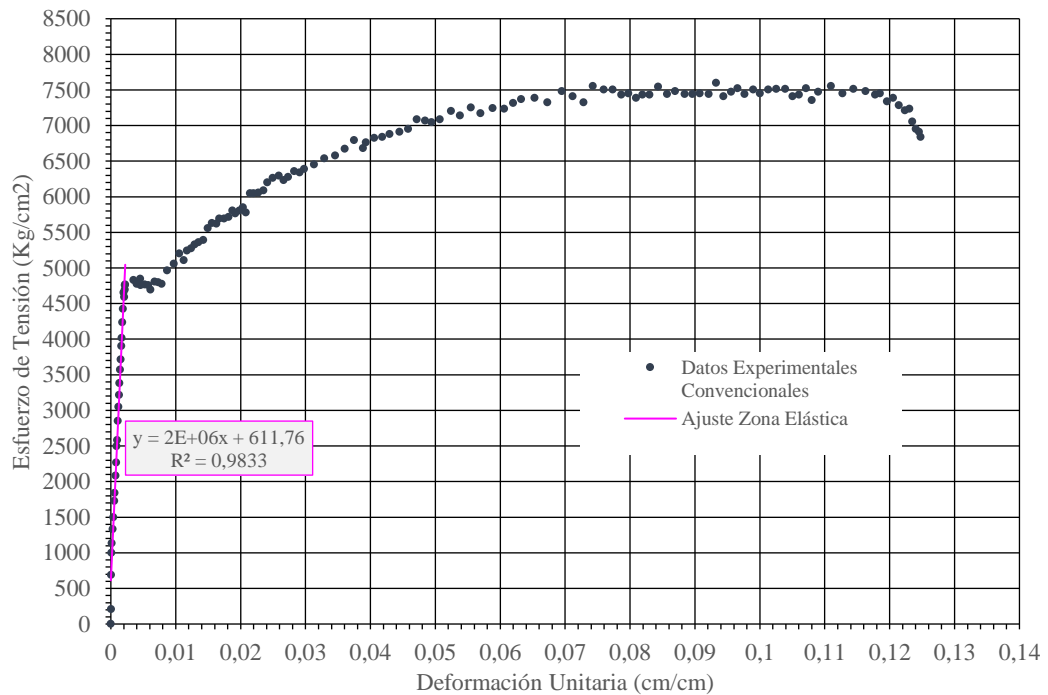
Diagrama Tensión-Deformación de la Varilla Control de 1/2"



Nota. Diagrama Convencional. Datos Experimentales y Ajuste. Fuente: Propia.

Figura 47

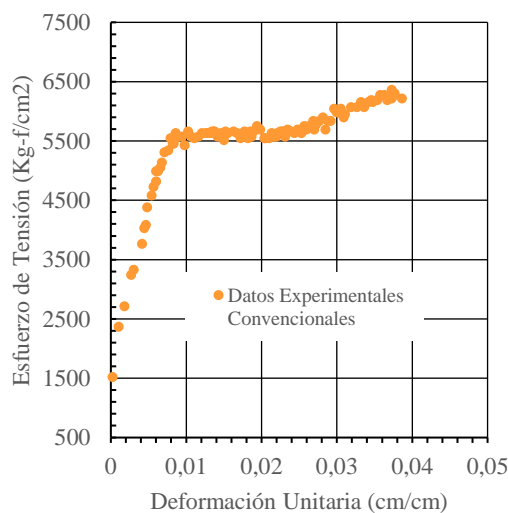
Diagrama Tensión-Deformación de la Varilla Control de 5/8"



Nota. Diagrama Convencional. Datos Experimentales y Ajuste. Fuente: Propia.

Figura 48

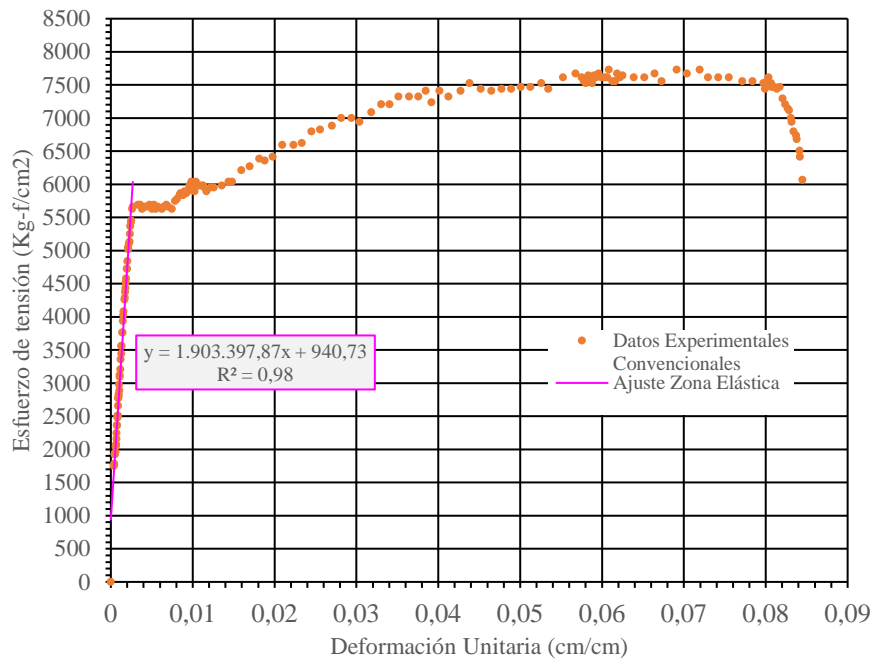
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional para el empalme de 3/8" con junta a tope directa del proceso SMAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 49

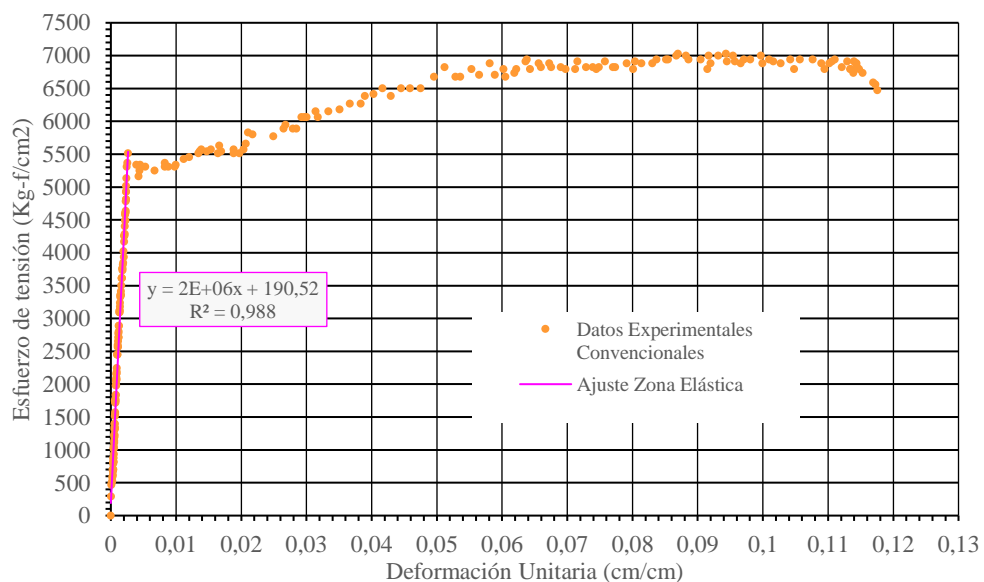
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional para el empalme de 3/8" con junta a solape directo del proceso SMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 50

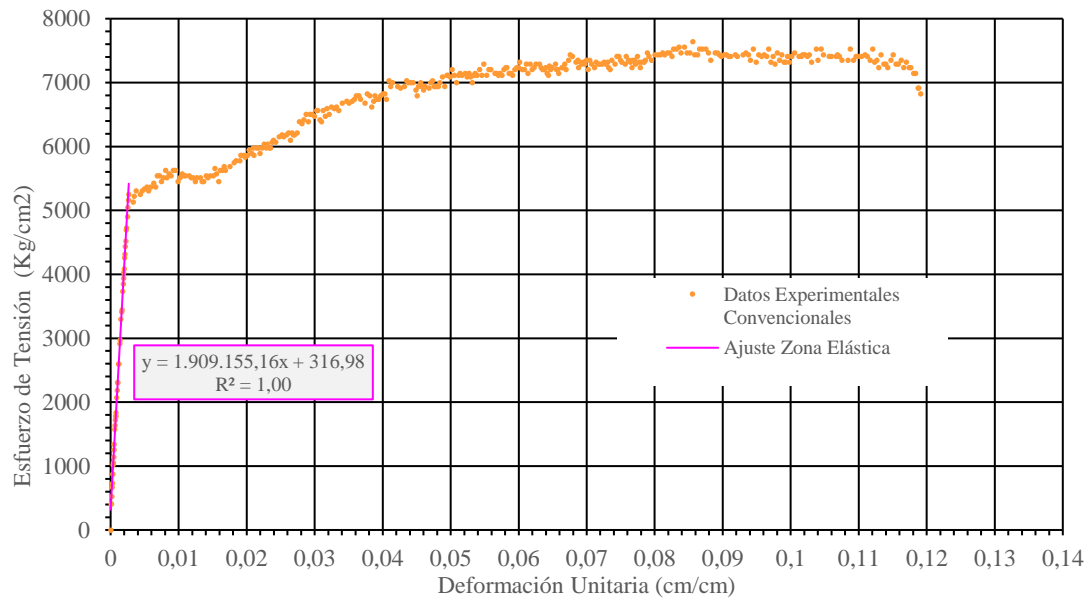
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional para el empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso SMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 51

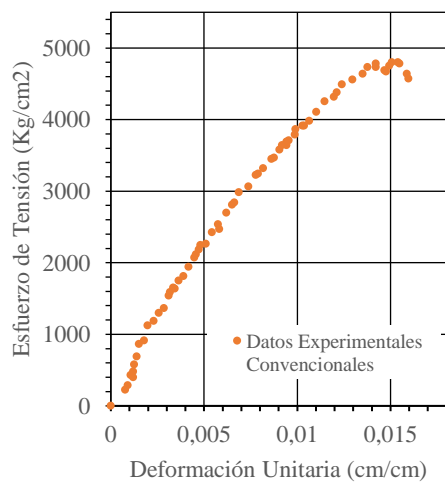
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso SMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 52

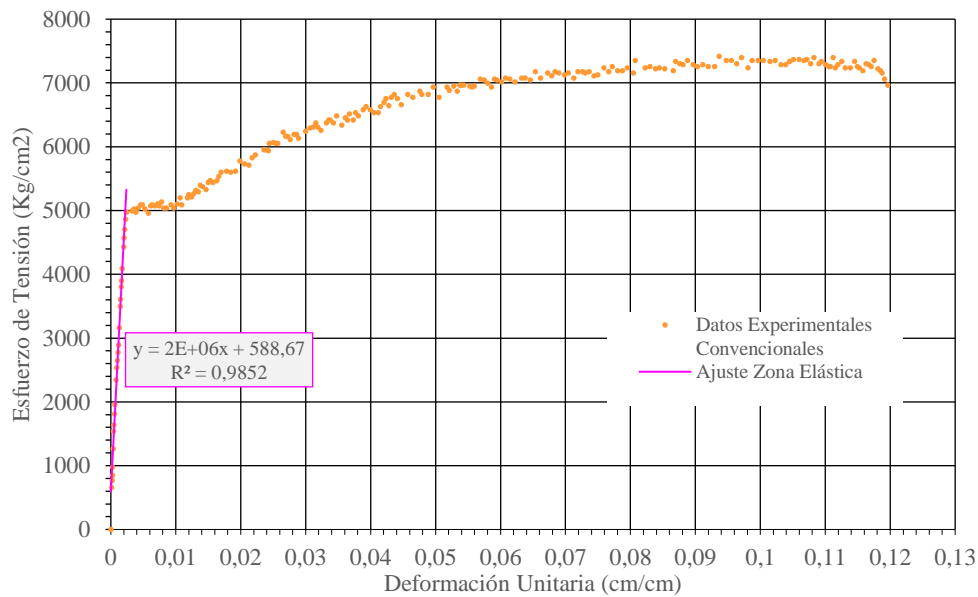
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope directa del proceso SMAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 53

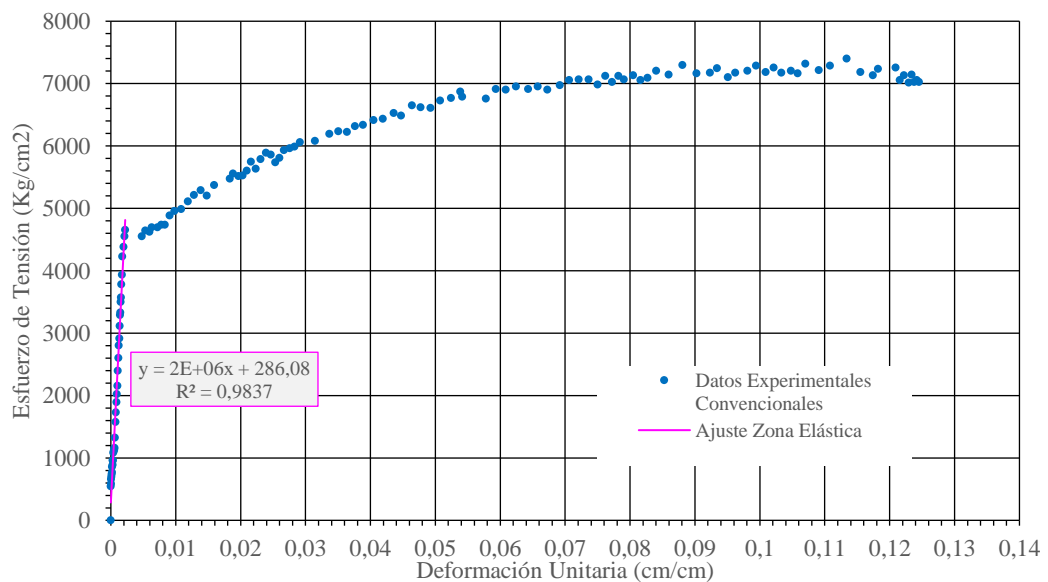
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso SMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 54

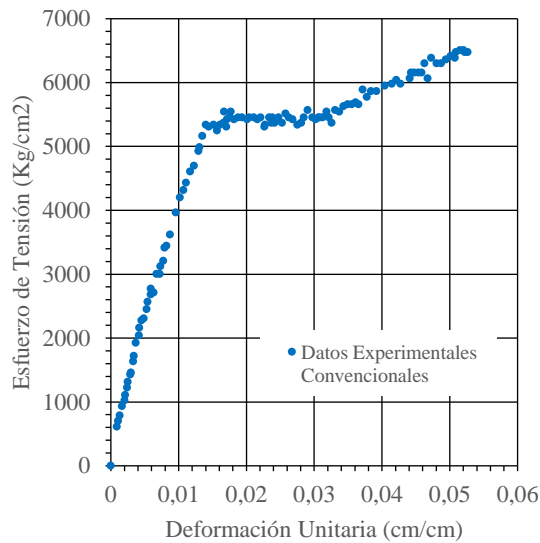
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-5/8" (SMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 5/8" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso SMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 55

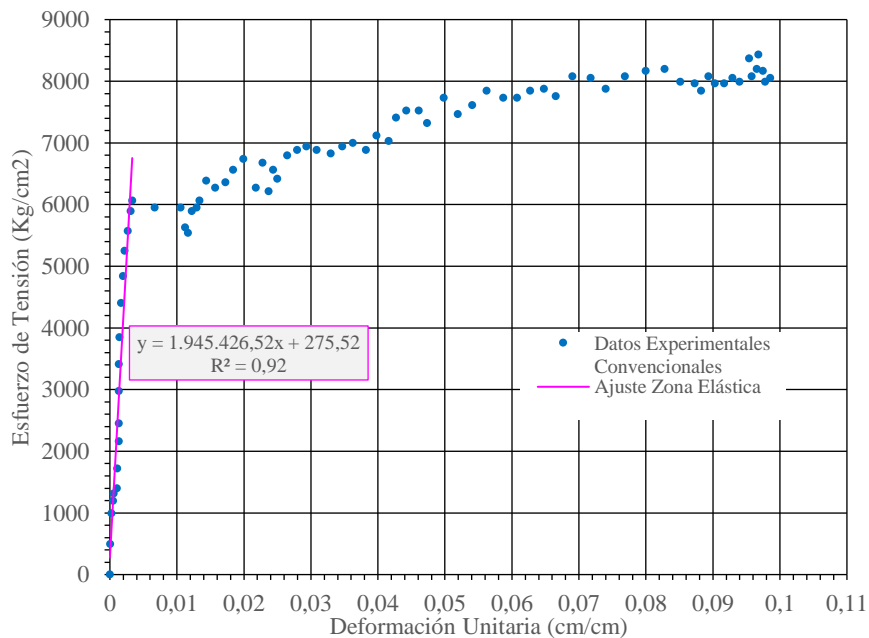
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (GMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a tope directa del proceso GMAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 56

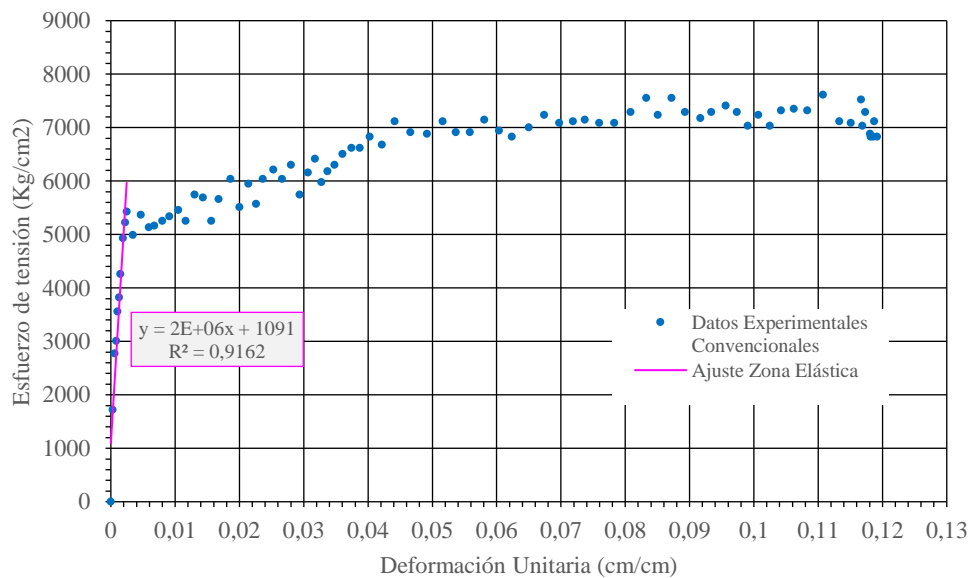
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (GMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a solape directo del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 57

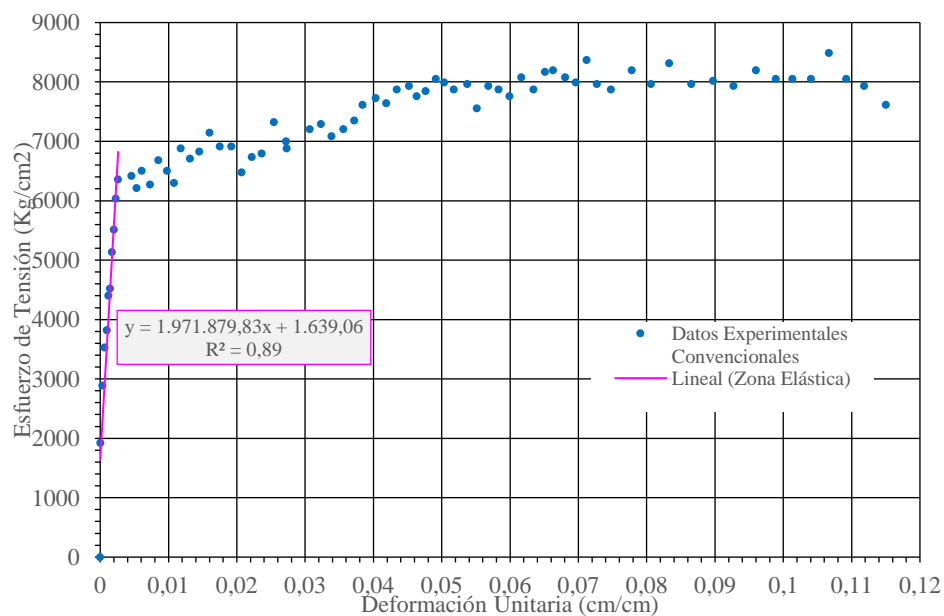
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (GMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 58

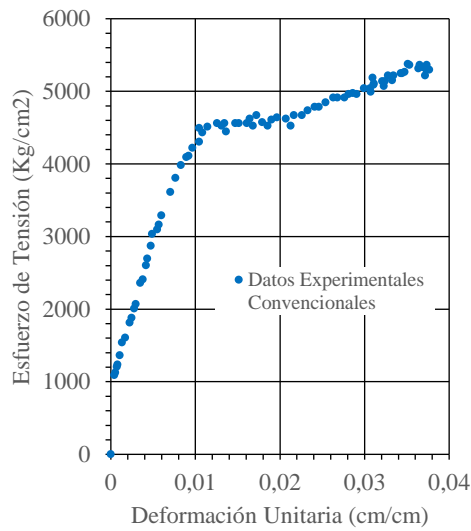
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (GMAW)



Nota. Diagramas convencional y real para el empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 59

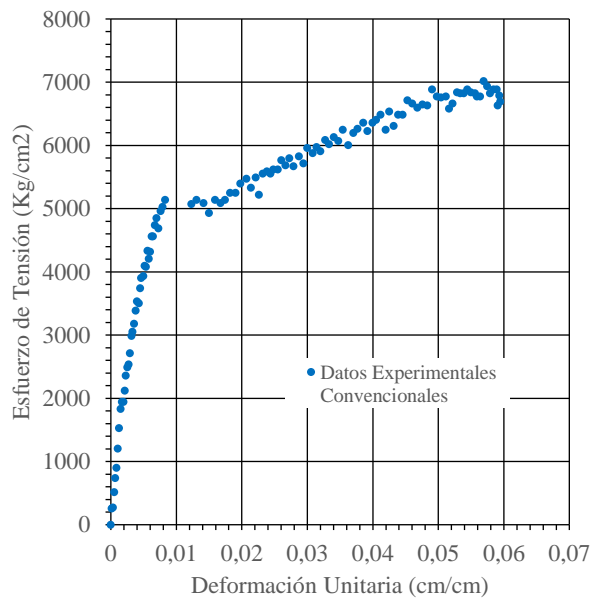
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (GMAW)



Nota. Diagramas convencional y real para el empalme de 1/2" con junta a tope directa del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 60

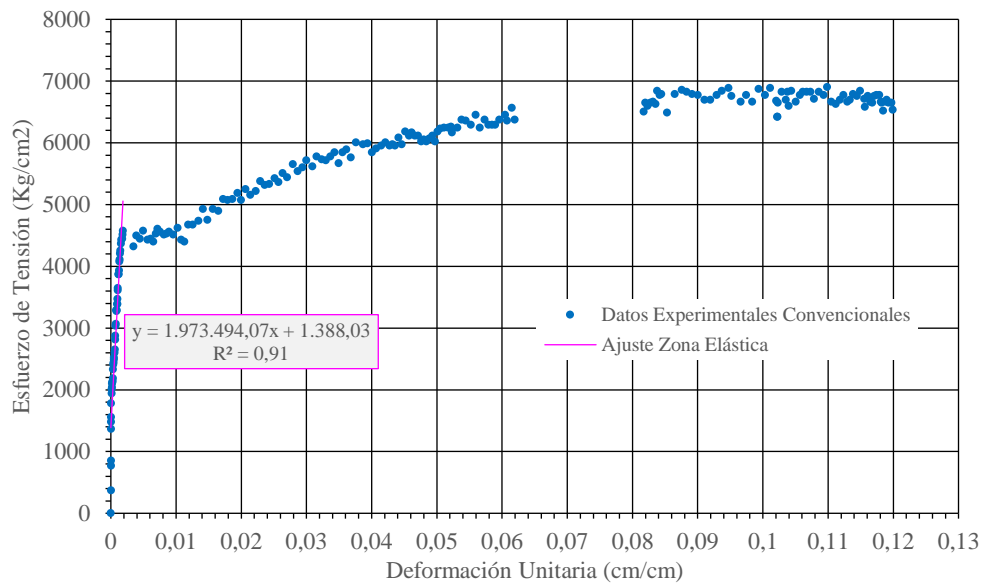
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-1/2" (GMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a solape directo del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 61

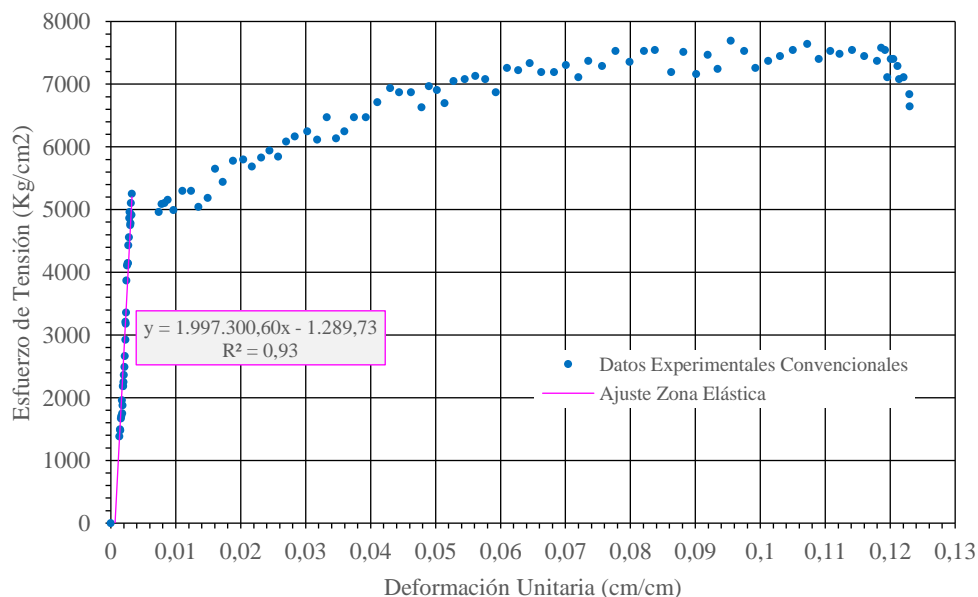
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-1/2" (GMAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 62

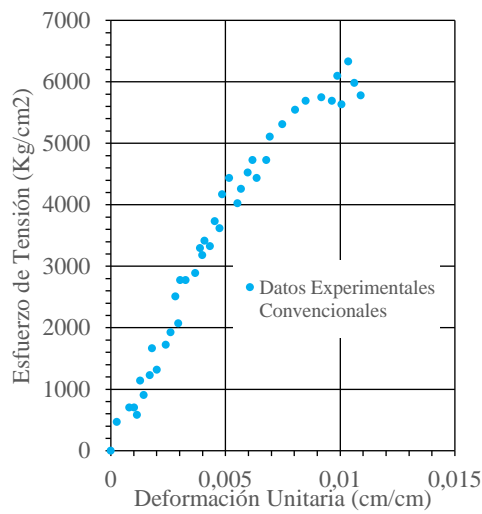
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (GMAW)



Nota. Diagramas convencional y real para el empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GMAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 63

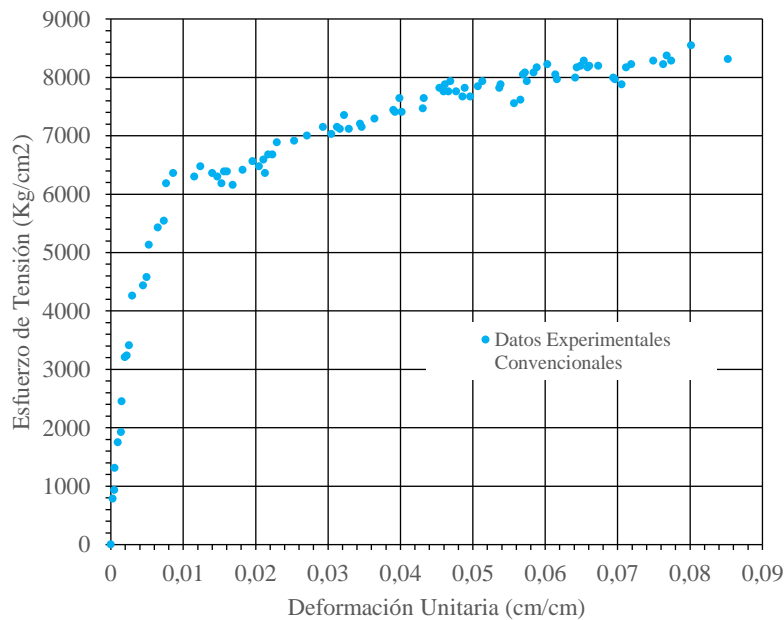
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-3/8" (GTAW)



Nota. Diagramas convencional y real para el empalme de 3/8" con junta a tope directa del proceso GTAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia

Figura 64

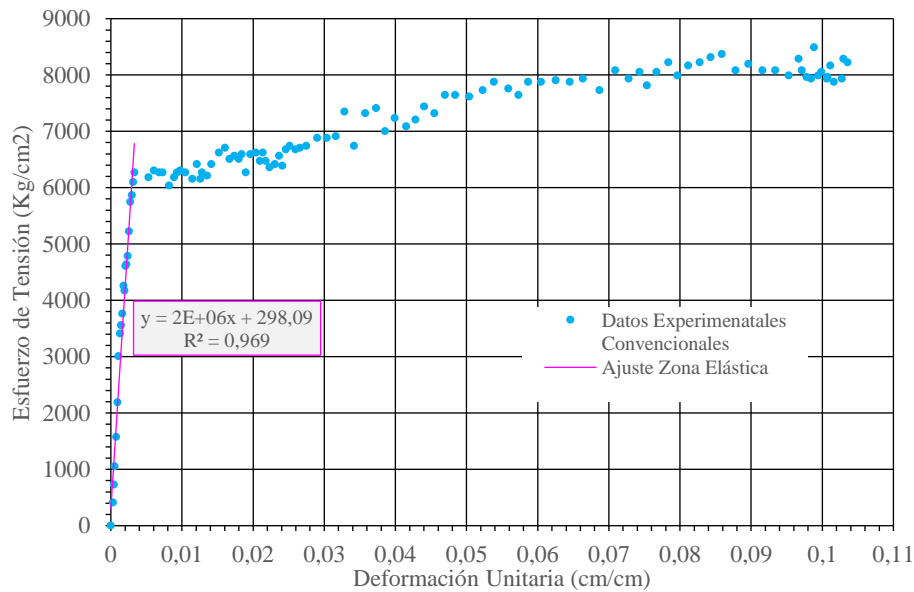
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-3/8" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a solape directo del proceso GTAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 65

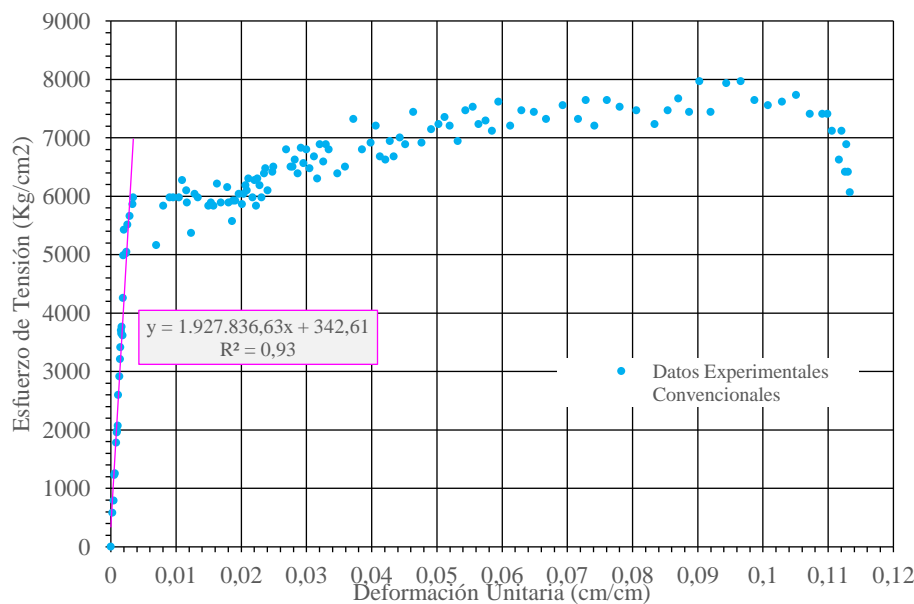
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-3/8" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso GTAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 66

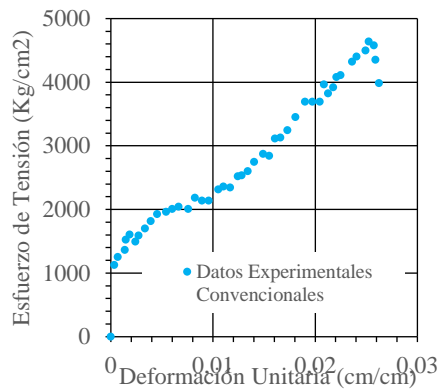
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-3/8" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GTAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 67

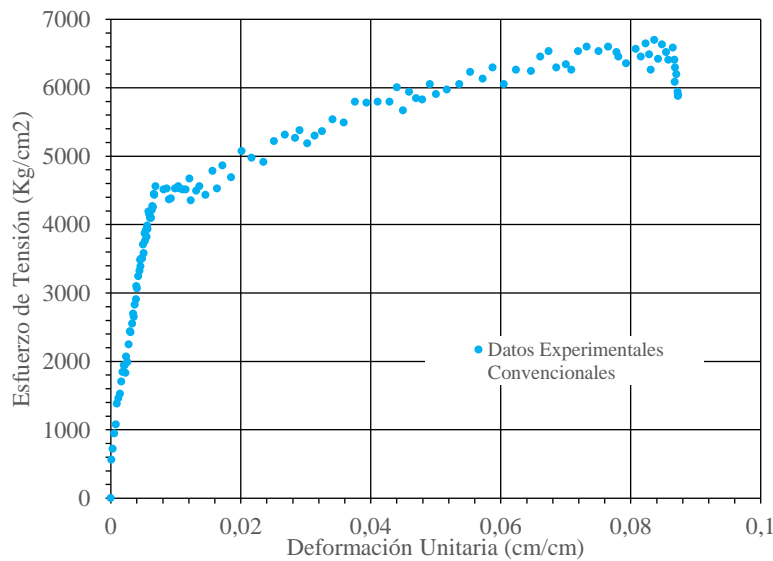
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme A-1/2" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope directa del proceso GTAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 68

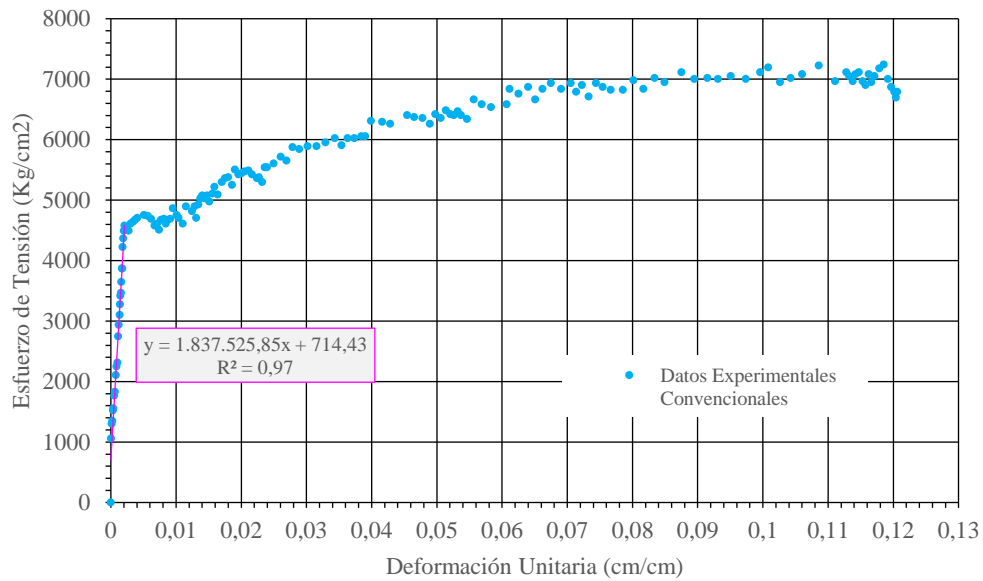
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme B-1/2" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a solape directo del proceso GTAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Figura 69

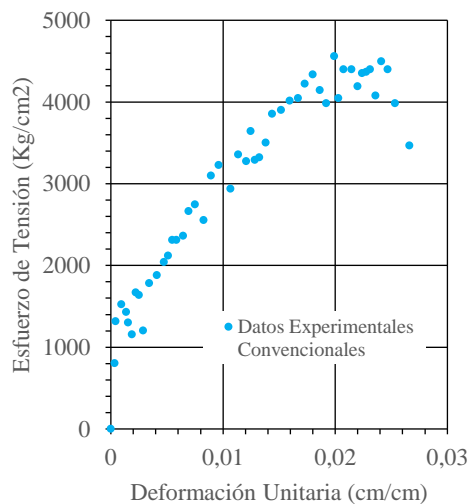
Diagrama Tensión-Deformación del Empalme C-1/2" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas del proceso GTAW. Datos experimentales y ajuste. Fuente: Propia.

Figura 70

Diagrama Tensión-Deformación del Empalme D-1/2" (GTAW)



Nota. Diagrama convencional del empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GTAW. Datos experimentales. Fuente: Propia.

Adicionalmente, se realiza un cálculo teórico de los esfuerzos actuantes en la soldadura, con la finalidad de opinar sobre los esfuerzos actuantes en el material de relleno (junta de soldadura a tope y cordones). Los valores involucrados en el cálculo del esfuerzo actuante en cada espécimen se muestran en la Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18 para las soldaduras SMAW; en la Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 para las soldaduras GMAW; y en la Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24 para las soldaduras GTAW.

Otro componente de la unión soldada para ciertos empalmes, es la cubrejunta, por consiguiente, se hace un cálculo teórico de los esfuerzos actuantes en dichos elementos para cada espécimen. En consecuencia, la Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27, muestran los valores comprometidos en las cubrejuntas de los empalmes SMAW; asimismo la Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30 indican los valores en los empalmes GMAW; mientras que la Tabla 31, Tabla 32 y Tabla 33 señalan los esfuerzos para los empalmes GTAW.

Por otra parte, los eventos ocurridos en la rotura de los empalmes se clasifican como el tipo y la posición. La Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36 muestran las características de la rotura de los empalmes SMAW, GMAW y GTAW, respectivamente.

Tabla 16

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 1

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 1							
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx	σStotal =fStotal
3/8"	Tope Directo		Área tracción:At =			0.71						4141.80			5833.52			5833.52
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35		1.19	0.48	4928.74	2347.31		1725.03	2070.25		2694.74	
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76				5301.50			920.40			920.40	
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46		1.20	0.48	2598.98	1237.76		2707.27	3223.34		4209.42	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2598.98		1237.76	2707.27		3223.34	4209.42	
1/2"	Tope Directo		Área tracción:At =			1.29					7310.28			5666.88			5666.88	
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27		1.59	0.64	9049.83	5746.64		1781.46	2137.76		2782.73	
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55				8656.36			1127.13			1127.13	
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64		1.60	0.64	4597.40	2919.35		2394.48	2850.93		3723.08	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	4597.40		2919.35	2394.48		2850.93	3723.08	
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	Y-Z	0.38	3.97	8.00	12.10	15.88				15262.53			1261.63			1261.63	

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm²).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σtotal: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 17

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 2

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 2						
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =	0.71						5032.29		7087.73			7087.73
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	5218.67	2485.39			1826.50	2192.03		2853.26
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			4825.20				837.71			837.71
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46	1.20	0.48	2609.33	1242.70			2718.06	3236.19		4226.20
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2609.33		1242.70	2718.06		3236.19	4226.20
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =	1.29						6171.28		4783.94			4783.94
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	9339.76	5930.75			1838.54	2206.24		2871.88
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			9567.56				1245.78			1245.78
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64	1.60	0.64	4700.94	2985.10			2448.41	2915.14		3806.93
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	4700.94		2985.10	2448.41		2915.14	3806.93
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	Y-Z	0.38	3.97	8.00	12.10	15.88			15345.37				1268.47			1268.47

E: Espesor Efectivo (cm)
L: Longitud de Cordón (cm)
n: Número de Cordones
Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)
Ix-x: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.
 Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
Iy-y: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.
 Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).
Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).
My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).
Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).
σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).
σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).
σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).
σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2). $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$
σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde:
Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 18

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura SMAW del Especimen 3

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 3							
			E	L	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx	σStotal =fStotal
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =	0.71						4555.98			6416.87			6416.87
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	5550.01	2643.19			1942.47	2331.20			3034.42
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			5053.00				877.26				877.26
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46	1.20	0.48	2712.88	1292.01			2825.92	3364.61			4393.90
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2712.88		1292.01		2825.92		3364.61	4393.90
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =	1.29						6254.12			4848.15			4848.15
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	9277.63	5891.30			1826.31	2191.57			2852.78
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			9174.09				1194.54				1194.54
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64	1.60	0.64	4825.20	3064.00			2513.12	2992.19			3907.55
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	4825.20		3064.00		2513.12		2992.19	3907.55
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	Y-Z	0.38	3.97	8.00	12.10	15.88			14827.64				1225.68				1225.68

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.L: Área de la Sección Resistente (cm2)

Ix-x : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

Iy-y : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).

σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 19

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GMAW del Especimen 1

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 1							
			E	l	n	Av	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ez	P _{máx}	My	Mx	σ _t	σ _v	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{total} =f _s total
3/8"	Tope Directo		Área tracción:At =				0.71					4700.94		6621.05				6621.05
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35		1.19	0.48	5798.52	2761.55		2029.44	2435.59		3170.29	
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76				5177.25			898.83			898.83	
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46		1.20	0.48	2785.36	1326.53		2901.42	3454.50		4511.30	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2785.36		1326.53	2901.42		3454.50	4511.30	
1/2"	Tope Directo		Área tracción:At =				1.29					6254.12		4848.15			4848.15	
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27		1.59	0.64	9981.74	6338.40		1964.91	2357.89		3069.29	
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55				9733.23			1267.35			1267.35	
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64		1.60	0.64	5032.29	3195.50		2620.98	3120.61		4075.26	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	5032.29		3195.50	2620.98		3120.61	4075.26	

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)

I_{x-x}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).

My=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=P_{máx}.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).

σ_v=P_{máx}/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).

σ_{by}=My.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).

σ_{bx}=Mx.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 20

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GMAW del Especimen 2

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 2							
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx	σtotal =ftotal
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =		0.71					4452.44			6271.04			6271.04
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	5902.07	2810.86			2065.68	2479.08			3226.90
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			5363.63				931.19				931.19
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46		1.20	0.48	2702.52	1287.08			2815.13	3351.76		4377.13
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2702.52	1287.08			2815.13		3351.76	4377.13
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =		1.29					6067.74			4703.67			4703.67
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	9484.72	6022.80			1867.07	2240.49			2916.46
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			9484.72				1234.99				1234.99
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64		1.60	0.64	4959.81	3149.48			2583.23	3075.66		4016.56
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	4959.81	3149.48			2583.23		3075.66	4016.56

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)

Ix-x : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

Iy-y : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.

Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).

σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 21

Esfuerzos Actuales en la Soldadura GMAW del Especimen 3

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 3						
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =		0.71			4141.80			5833.52			5833.52	
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	6129.86	2919.35		2145.41	2574.76		3351.44	
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			5632.85			977.93			977.93	
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46	1.20	0.48	3085.64	1469.54		3214.21	3826.92		4997.64	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	3085.64	1469.54		3214.21		3826.92	4997.64
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =		1.29			6999.64			5426.08			5426.08	
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	9194.80	5838.70		1810.00	2172.00		2827.31	
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			9091.25			1183.76			1183.76	
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64		1.60	0.64	5125.48	3254.68		2669.52	3178.40		4150.73
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	5125.48	3254.68		2669.52		3178.40	4150.73

E: Espesor Efectivo (cm)
L: Longitud de Cordón (cm)
n: Número de Cordones
Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)
Ix-x: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.
 Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
Iy-y: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión.
 Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).
Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf).
My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).
Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).
σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).
σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).
σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).
σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).
σtotal: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$
Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 22

Esfuerzos Actuales en la Soldadura GTAW del Especimen 1

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura							Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 1								
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx	σtotal =fStotal
3/8"	Tope Directo		Área tracción:At = 0.71							4224.64			5950.19					5950.19
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	5363.63	2554.43		1877.23	2252.92			2932.51	
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			5653.56			981.52				981.52	
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46	1.20	0.48	3033.87	1444.88		3160.28	3762.71			4913.79	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	3033.87	1444.88		3160.28		3762.71	4913.79	
1/2"	Tope Directo		Área tracción:At = 1.29							5115.12			3965.21				3965.21	
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	8656.36	5496.79		1704.01	2044.81			2661.75	
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			10064.57			1310.49				1310.49	
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64	1.60	0.64	3655.14	2321.01		1903.72	2266.61			2960.01	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	3655.14	2321.01		1903.72		2266.61	2960.01	

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)

Ix-x : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

Iy-y : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). En la soldadura de la junta con ángulo estructural, es la mitad de la fuerza de tensión (corte en sus secciones resistentes en el mismo plano).

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).

σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 23

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GTAW del Especimen 2

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 2							
			E	l	n	Av	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ez	P _{máx}	My	Mx	σ _t	σ _v	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{total} =f _{total}
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =		0.71					4100.38			5775.19			5775.19
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35	1.19	0.48	6109.16	2909.49			2138.16	2566.06			3340.12
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76			5798.52				1006.69				1006.69
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46	1.20	0.48	2588.63	1232.83			2696.48	3210.50			4192.65
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2588.63		1232.83		2696.48		3210.50	4192.65
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =		1.29					4763.07			3692.30			3692.30
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27	1.59	0.64	9857.48	6259.50			1940.45	2328.54			3031.08
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55			8884.16				1156.79				1156.79
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64	1.60	0.64	4379.95	2781.27			2281.23	2716.08			3546.99
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	4379.95		2781.27		2281.23		2716.08	3546.99

E: Espesor Efectivo (cm)

L: Longitud de Cordón (cm)

n: Número de Cordones

Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$

c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). En la soldadura de la junta con ángulo estructural, es la mitad de la fuerza de tensión (corte en sus secciones resistentes en el mismo plano).

My=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=P_{máx}.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_v=P_{máx}/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm²).

σ_{by}=My.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=Mx.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$

Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 24

Esfuerzos Actuantes en la Soldadura GTAW del Especimen 3

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Plano de los Cordones	Dimensiones de la Soldadura								Fuerzas y Esfuerzos en la soldadura del Especimen 3							
			E	l	n	Av	I y-y	I x-x	c	e=ex=ez	Pmáx	My	Mx	σt	σv	σby	σbx	σStotal =fStotal
3/8"	Tope Directo				Área tracción:At =		0.71					4597.40			6475.21			6475.21
3/8"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.30	2.38	4.00	2.86	1.35		1.19	0.48	6067.74	2889.76		2123.67	2548.67		3317.48	
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	Y-Z	0.30	2.40	8.00	5.76	2.76				6129.86			1064.21			1064.21	
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	2 secciones resistentes en Y-Z	0.20	2.40	2.00	0.96	0.46		1.20	0.48	2940.68	1400.50		3063.21	3647.13		4762.86	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.20	2.40	2.00	0.96		0.46	1.20	0.48	2940.68		1400.50	3063.21		3647.13	4762.86	
1/2"	Tope Directo				Área tracción:At =		1.29				6067.74			4703.67			4703.67	
1/2"	Solape directo con barras en contacto	Y-Z	0.40	3.18	4.00	5.08	4.27		1.59	0.64	8822.03	5601.99		1736.62	2083.95		2712.69	
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	Y-Z	0.30	3.20	8.00	7.68	6.55				9484.72			1234.99			1234.99	
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	2 secciones resistentes en Y-Z	0.30	3.20	2.00	1.92	1.64		1.60	0.64	3033.87	1926.51		1580.14	1881.35		2456.90	
		2 secciones resistentes en X-Z	0.30	3.20	2.00	1.92		1.64	1.60	0.64	3033.87		1926.51	1580.14		1881.35	2456.90	

E: Espesor Efectivo (cm)
L: Longitud de Cordón (cm)
n: Número de Cordones
Av=n.E.l: Área de la Sección Resistente (cm2)
Ix-x : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = n \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
Iy-y : Momento de Inercia de la Sección Resistente (cm4). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{12} \cdot E \cdot l^3$
c = l/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ez: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).
Pmáx: Fuerza de corte equivalente a la Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). En la soldadura de la junta con ángulo estructural, es la mitad de la fuerza de tensión (corte en sus secciones resistentes en el mismo plano).
My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).
Mx=Pmáx.ez: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).
σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm2).
σv=Pmáx/Av: Esfuerzo Máximo de Corte (Kg/cm2).
σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm2).
σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm2).
σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm2). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_b^2}$
Plano de los Cordones: Plano o plano paralelo que contiene a la Sección Resistente.

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 25

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 1)

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la Cubrejunta del Especimen 1						
		a=ax=ay	L	At	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ey	P _{máx}	My	Mx	σ _t	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{c_{total}} = f _{c_{total}}
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2650.75			5301.50			5301.50
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5197.96	84.47	84.47	3419.71	22.32	22.32	3419.86
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4328.18			6096.03			6096.03
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	9194.80	1298.76	1298.76	3295.63	154.23	154.23	3302.84
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas			1.29					7631.27			5915.71			5915.71

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=P_{máx}.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_{by}=My.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=Mx.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 26

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 2)

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la cubrejunta del espécimen 2						
		a=ax=ay	L	At	I y-y	I x-x	c	e=ex=ey	Pmáx	My	Mx	σt	σby	σbx	σCtotal= fCtotal
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2412.60			4825.20			4825.20
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.18	5218.67	913.27	913.27	3433.33	241.32	241.32	3450.25
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4783.78			6737.72			6737.72
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.30	9401.89	2820.57	2820.57	3369.85	334.95	334.95	3402.98
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas			1.29					7672.68			5947.82			5947.82

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σtotal: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 27

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes SMAW (Especimen 3)

Diámetro de la Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la cubrejunta del espécimen 3						
		a=ax=ay	L	At	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ey	P _{máx}	My	Mx	σ _t	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{Ctotal} = f _{Ctotal}
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2526.50			5053.00			5053.00
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5425.76	88.17	88.17	3569.58	23.30	23.30	3569.73
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4587.04			6460.62			6460.62
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	9650.39	1363.12	1363.12	3458.92	161.87	161.87	3466.49
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas			1.29					7413.82			5747.15			5747.15

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=P_{máx}.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_{by}=My.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=Mx.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 28

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 1)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la cubrejunta del espécimen 1						
		a=ax=ay	L	At	I y-y	I x-x	c	e=ex=ey	Pmáx	My	Mx	σt	σby	σbx	σCtotal= fCtotal
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2588.63			5177.25			5177.25
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5570.72	90.52	90.52	3664.95	23.92	23.92	3665.10
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4866.62			6854.39			6854.39
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	10064.57	1421.62	1421.62	3607.37	168.82	168.82	3615.27

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x} : Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y} : Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 29

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 2)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la cubrejunta del espécimen 2						
		a=ax=ay	L	At	I y-y	I x-x	c	e=ex=ey	Pmáx	My	Mx	σt	σby	σbx	σctotal= fctotal
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2681.82			5363.63			5363.63
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5405.05	87.83	87.83	3555.95	23.21	23.21	3556.10
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4742.36			6679.38			6679.38
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	9919.61	1401.15	1401.15	3555.42	166.39	166.39	3563.19

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x} : Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y} : Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 30

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GMAW (Especimen 3)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la Cubrejunta del Especimen 3						
		a=ax=ay	L	At	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ey	P _{máx}	M _y	M _x	σ _t	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{Ctotal} = f _{Ctotal}
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2816.42			5632.85			5632.85
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	6171.28	100.28	100.28	4060.05	26.50	26.50	4060.23
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4545.63			6402.29			6402.29
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	10250.96	1447.95	1447.95	3674.18	171.95	171.95	3682.22

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x} : Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y} : Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

M_y=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

M_x=P_{máx}.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_{by}=M_y.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=M_x.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total} : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 31

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GTAW (Especimen 1)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la Cubrejunta del Especimen 1						
		a=ax=ay	L	At	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ey	P _{máx}	M _y	M _x	σ _t	σ _{by}	σ _{bx}	σ _{c total} = f _{c total}
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2826.78			5653.56			5653.56
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	6067.74	98.60	98.60	3991.93	26.05	26.05	3992.10
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					5032.29			7087.73			7087.73
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	7310.28	1032.58	1032.58	2620.17	122.62	122.62	2625.90

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

M_y=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

M_x=P_{máx}.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_{by}=M_y.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=M_x.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 32

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejunta de Empalmes GTAW (Especimen 2)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejunta							Fuerzas y Esfuerzos en la cubrejunta del espécimen 2						
		a=ax=ay	L	At	I y-y	I x-x	c	e=ex=ey	Pmáx	My	Mx	σt	σby	σbx	σctotal= fctotal
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas			0.50					2899.26			5798.52			5798.52
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5177.25	84.13	84.13	3406.09	22.23	22.23	3406.23
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas			0.71					4442.08			6256.45			6256.45
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	8759.91	1237.34	1237.34	3139.75	146.94	146.94	3146.62

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejunta (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejunta (área de tracción) (cm²)

Ix-x : Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

Iy-y : Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

Pmáx: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejunta es la mitad.

My=Pmáx.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=Pmáx.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σt=Pmáx/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σby=My.c/Iy: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σbx=Mx.c/Ix: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σtotal : Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 33

Esfuerzos Actuantes en la Cubrejointa de Empalmes GTAW (Especimen 3)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Dimensiones de la Cubrejointa							Fuerzas y Esfuerzos en la Cubrejointa del Especimen 3						
		a=ax=ay	L	At	I _{y-y}	I _{x-x}	c	e=ex=ey	P _{máx}	My	Mx	σ _t	σ _{by}	σ _{bx}	σ _c _{total} = f _c _{total}
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejointas			0.50					3064.93			6129.86			6129.86
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejointa de 25mmx25mmx3mm	0.30	8.70	1.52	16.46	16.46	4.35	0.02	5881.36	95.57	95.57	3869.31	25.25	25.25	3869.48
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejointas			0.71					4742.36			6679.38			6679.38
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejointa de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.48	10.30	2.79	43.37	43.37	5.15	0.14	6067.74	857.07	857.07	2174.82	101.78	101.78	2179.57

a=ax=ay: Espesor del ángulo Estructural (cm)

L: Longitud de la Cubrejointa (cm)

At: Área de la Sección Transversal de Una Cubrejointa (área de tracción) (cm²)

I_{x-x}: Momento de Inercia en la dirección X-X, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

I_{y-y}: Momento de Inercia en la dirección Y-Y, para la Sección Resistente (cm⁴). Se da solo en las juntas donde se generen esfuerzos por flexión. Donde: $I_{x-x} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot L^3$

c = L/2: Posición del Eje Neutro (cm). Se usa solo para esfuerzos por flexión.

e=ex=ey: Excentricidad: distancia del eje de la carga al eje de sección resistente de soldadura (cm).

P_{máx}: Fuerza de Tensión Máxima (Kgf). Para cada barra como cubrejointa es la mitad.

My=P_{máx}.ex: Momento Flector Máximo en Dirección Y (Kgf.cm).

Mx=P_{máx}.ey: Momento Flector Máximo en Dirección X (Kgf.cm).

σ_t=P_{máx}/At: Esfuerzo Máximo de Tracción (Kg/cm²).

σ_{by}=My.c/I_y: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección Y-Y (Kg/cm²).

σ_{bx}=Mx.c/I_x: Esfuerzo Máximo de Flexión en Dirección X-X (Kg/cm²).

σ_{total}: Módulo del Esfuerzo Total (Kg/cm²). Donde: $\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{bx}^2 + \sigma_{by}^2}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 34

Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes SMAW

Diam. Barra Principal	Tipo de Junta	Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura
3/8"	Tope Directo	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga
3/8"	Solape directo con barras en contacto	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope Directo	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga
1/2"	Solape directo con barras en contacto	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 ¼"x1 ¼"x3/16"	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 35

Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes GMAW

Diam. Barra Principal	Tipo de Junta	Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura
3/8"	Tope Directo	en la soldadura	cónica	en la soldadura	cónica	en la soldadura	cónica
3/8"	Solape directo con barras en contacto	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica
1/2"	Tope Directo	en la soldadura	cónica a 45°	en la soldadura	cónica a 45°	en la soldadura	cónica
1/2"	Solape directo con barras en contacto	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	en la barra principal (muy cerca la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



Tabla 36

Tipo y Posición de Rotura de Tracción de Empalmes GTAW

Diam. Barra Principal	Tipo de Junta	Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
		Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura	Posición de rotura	Tipo de rotura
3/8"	Tope Directo	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga
3/8"	Solape directo con barras en contacto	en la soldadura	cónica a 45°	en la soldadura	cónica a 45°	en la soldadura	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	en la soldadura	cónica a 45°
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope Directo	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga
1/2"	Solape directo con barras en contacto	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (las barras se separan)
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	en la soldadura	fisuras en la soldadura	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega



5.4. Descripción Estadística de los Resultados Obtenidos

Para el análisis de resultados y comparar según la Norma E-060 y la AWS D1.4 de empalmes soldados, se emplean criterios estadísticos. Se calculan las medidas descriptivas que sintetizan la información que contienen las dimensiones de las variables: la resistencia, diámetro de la barra principal, tipo de soldadura (proceso y material de relleno) y tipo de junta.

González, Botero, Rochel, Vidal y Álvarez (2005), determinaron los valores estadísticos de las propiedades del acero de refuerzo utilizado en Colombia, del total de barras y varios diámetros. Asimismo, consideran el análisis por cada diámetro de barra. Mientras que, Monge y Abarca (2013), solo determinaron los valores por cada diámetro por separado.

En la presente tesis se usan los criterios mencionados para determinar los parámetros estadísticos del total y por cada muestra de las barras patrón. A diferencia de los empalmes soldados, los cuales presentan condiciones diferentes por cada muestra al presentar indicadores como son: el material de relleno, el proceso de soldadura y las dimensiones de la junta. Por esta razón, se presentan los valores por cada muestra y con diámetro de barra principal diferentes.

En la Tabla 37 se indica los esfuerzos máximos actuantes (f_u) de las barras patrón y por cada muestra según su diámetro, sobre un total de 9 ensayos de tensión. La Tabla 39 indica los valores de las 26 muestras de los empalmes soldados, sobre un total de 75 ensayos de tracción. Mientras que, para la relación f_u/f_y , donde f_y corresponde al esfuerzo de fluencia especificado, la Tabla 39 indica la descripción estadística. Asimismo, la Tabla 40 y Tabla 41 señalan los valores estadísticos del esfuerzo actuante en la soldadura, y en la cubrejunta, correspondientemente.

Tabla 37

Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Máximo de Tracción (f_u) en las Varillas de Control

Diámetro	Número de Datos	Media Aritmética (\bar{X})	Desviación Estándar (S)	Mínimo	Máximo
Todos	9	7441.23	207.53	7029.39	7659.21
3/8"	3	7262.73	204.17	7029.39	7408.57
1/2"	3	7502.33	186.06	7288.28	7625.41
5/8"	3	7558.61	148.03	7388.64	7659.21

Nota. Las varillas fueron de Acero Corrugado ASTM A615 Grado 60 de la casa SIDER PERÚ. Total de Especímenes Ensayados $n=9$. Fuente: Propia.

Tabla 38*Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Máximo de Tracción (fu) de los Empalmes Soldados*

Muestras		Proceso SMAW		Proceso GMAW		Proceso GTAW	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s	Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s	Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s
3/8"	Tope Directo	6446.04	627.61	6241.87	394.57	6066.86	364.30
3/8"	Solape directo con barras en contacto	7369.68	437.84	8371.10	238.75	8234.99	590.12
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	7126.62	335.53	7593.30	322.61	8254.43	343.88
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	7437.74	177.42	8050.26	567.83	8040.54	661.49
1/2"	Tope Directo	5099.66	492.28	4992.63	382.26	4120.40	523.24
1/2"	Solape directo con barras en contacto	7149.15	118.33	7406.01	308.52	7063.53	504.60
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	7079.59	354.27	7315.04	250.93	7347.15	457.55
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	7298.99	176.83	7812.70	128.76	5720.39	1044.51
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	7610.64	139.75				

Nota. Total de muestras N=25. Total de Especímenes Ensayados n= 75. Fuente: Propia.

Tabla 39*Medidas Descriptivas Estadísticas de la Relación fu/fy de los Empalmes Soldados*

Muestra		Proceso SMAW		Proceso GMAW		Proceso GTAW	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Media	Desviación	Media	Desviación	Media	Desviación
		Aritmética \bar{X}	Estándar s	Aritmética \bar{X}	Estándar s	Aritmética \bar{X}	Estándar s
3/8"	Tope Directo	1.53	0.15	1.49	0.09	1.44	0.09
3/8"	Solape directo con barras en contacto	1.75	0.10	1.99	0.06	1.96	0.14
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	1.70	0.08	1.81	0.08	1.97	0.08
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	1.77	0.04	1.92	0.14	1.91	0.16
1/2"	Tope Directo	1.21	0.12	1.19	0.09	0.98	0.12
1/2"	Solape directo con barras en contacto	1.70	0.03	1.76	0.07	1.68	0.12
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	1.69	0.08	1.74	0.06	1.75	0.11
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	1.74	0.04	1.86	0.03	1.36	0.25
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	1.81	0.03				

Nota. Total de muestras N=25. Total de Especímenes Ensayados n= 75. Fuente: Propia.

fu es el esfuerzo actuante máximo de tracción.

fy es el esfuerzo de fluencia especificado.

Tabla 40

Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Actuante Total Máximo en la Soldadura del Empalme ($f_{s_{total}}$)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Proceso SMAW		Proceso GMAW		Proceso GTAW	
		Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s	Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s	Media Aritmética \bar{X}	Desviación Estándar s
3/8"	Tope Directo	6446.04	627.61	6241.87	394.57	6066.86	364.30
3/8"	Solape directo con barras en contacto	2860.81	169.96	3249.54	92.68	3196.70	229.08
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	878.45	41.36	935.98	39.77	1017.47	42.39
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	4276.51	102.01	4628.69	326.49	4623.10	380.34
1/2"	Tope Directo	5099.66	492.28	4992.63	382.26	4120.40	523.24
1/2"	Solape directo con barras en contacto	2835.80	46.94	2937.68	122.38	2801.84	200.16
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	1189.15	59.51	1228.70	42.15	1234.09	76.85
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	3812.52	92.37	4080.85	67.26	2987.96	545.58
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	1251.93	22.99				

Nota. Total de muestras N=25. Total de Especímenes Ensayados n= 75. Fuente: Propia.

Tabla 41

Medidas Descriptivas Estadísticas del Esfuerzo Actuantes Máximos en la Cubrejunta del Empalme ($f_{c_{max}}$)

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Proceso SMAW		Proceso GMAW		Proceso GTAW	
		Media Aritmética	Desviación Estándar	Media Aritmética	Desviación Estándar	Media Aritmética	Desviación Estándar
		\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	5059.90	238.23	5391.24	229.05	5860.65	244.16
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	3479.95	79.23	3760.48	265.25	3760.48	265.25
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	6431.46	321.84	6645.35	227.96	6645.35	227.96
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	3390.77	82.51	3620.23	59.67	3620.23	59.67
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	5870.23	107.79				

Nota. Total de muestras N=13. Total de Especímenes Ensayados n= 39. Fuente: Propia.

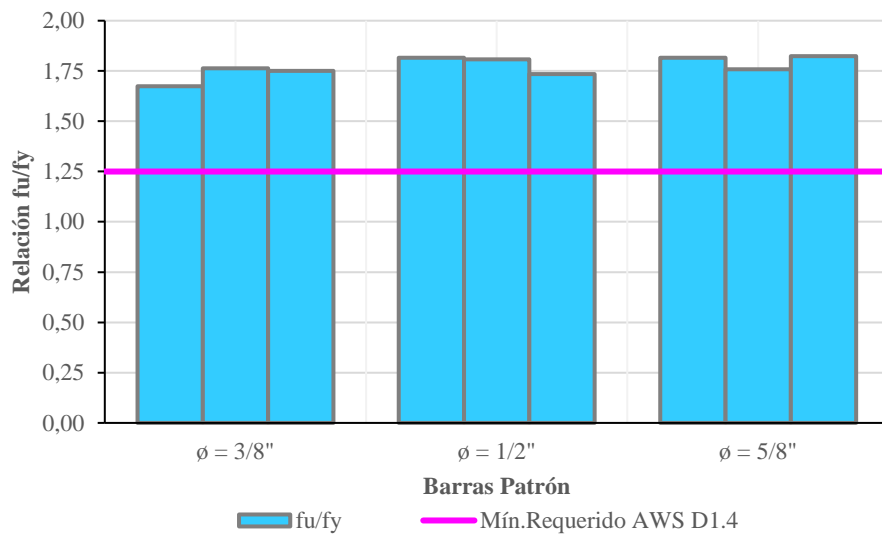
En adelante se adopta la siguiente nomenclatura para los distintos tipos de empalmes:

- A - 3/8": Tope Directo.
- B - 3/8": Solape directo con barras en contacto.
- C - 3/8": Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas.
- D - 3/8": Tope indirecta con 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta.
- A - 1/2": Tope Directo.
- B - 1/2": Solape directo con barras en contacto.
- C - 1/2": Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas.
- D - 1/2": Tope indirecta con 1 ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta.
- C - 5/8": Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas.

En la Figura 71, Figura 73, Figura 75 y Figura 77, se verifica el cumplimiento del artículo 6.2.6.1 de la Norma AWS D1.4 donde indica que la resistencia a tracción no debe ser menor que el 125% del esfuerzo mínimo de fluencia especificado de la barra, siendo esta obtenida de la ficha técnica del acero de refuerzo utilizado para la elaboración de probetas, donde indica un valor de 4200 Kgf/cm² (véase el Anexo A). Asimismo, la Figura 72, Figura 74, Figura 76 y Figura 78, verifican el cumplimiento de la Norma ASTM A615, que señala la resistencia a la tracción mínima para barras corrugadas, con un valor de 6320 Kgf/cm² (ver Anexo A).

Figura 71

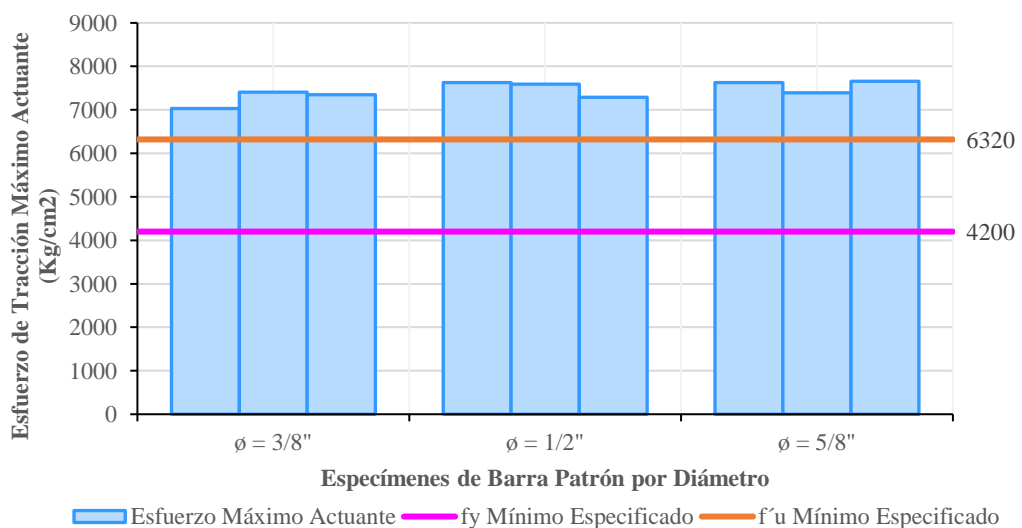
Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en las Varillas Patrón



Nota. La relación f_u/f_y es el cociente entre el esfuerzo de tensión máximo actuante y el esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo. Total de especímenes por diámetro $n=3$. Total de varillas ensayadas $N=9$. Fuente: Propia.

Figura 72

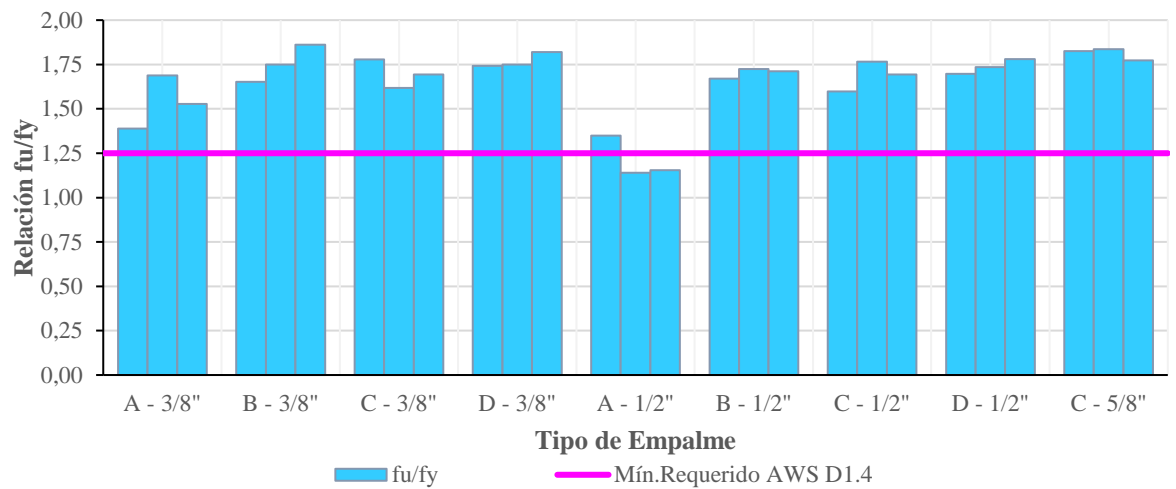
Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuantes y Especificados en las Varillas Patrón



Nota. La fluencia mínima especificada y el esfuerzo máximo de tracción mínimo especificado del acero de refuerzo están representados por f_y y f'_u . Total de especímenes por diámetro $n=3$. Total de varillas ensayadas $N=9$. Fuente: Propia.

Figura 73

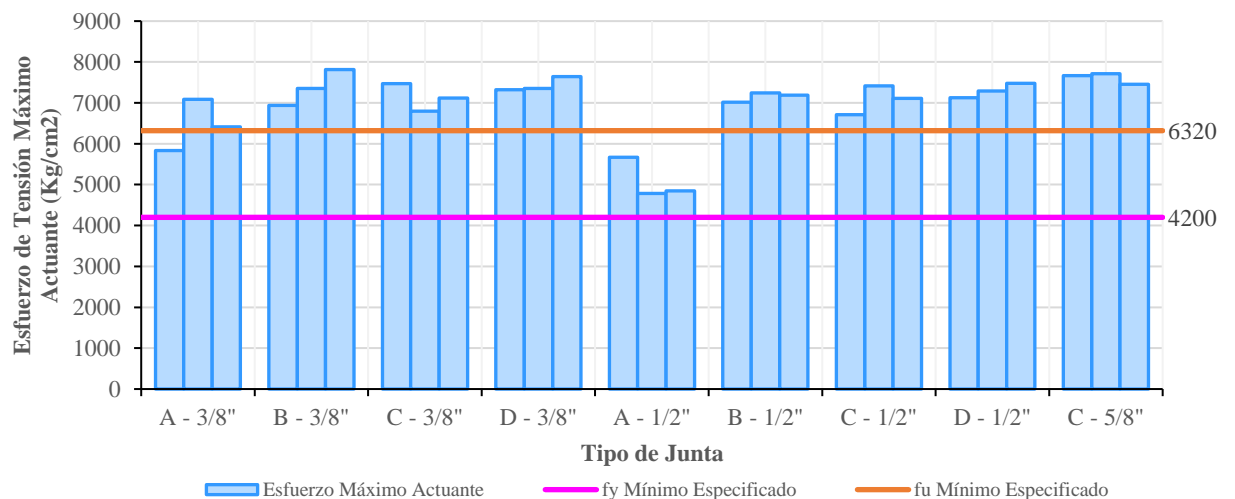
Gráfico Comparativo de la Relación fu/fy en los Empalmes (SMAW)



Nota. La relación fu/fy es el cociente entre el esfuerzo de tensión máximo actuante y el esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso SMAW ensayados N=27. Fuente: Propia.

Figura 74

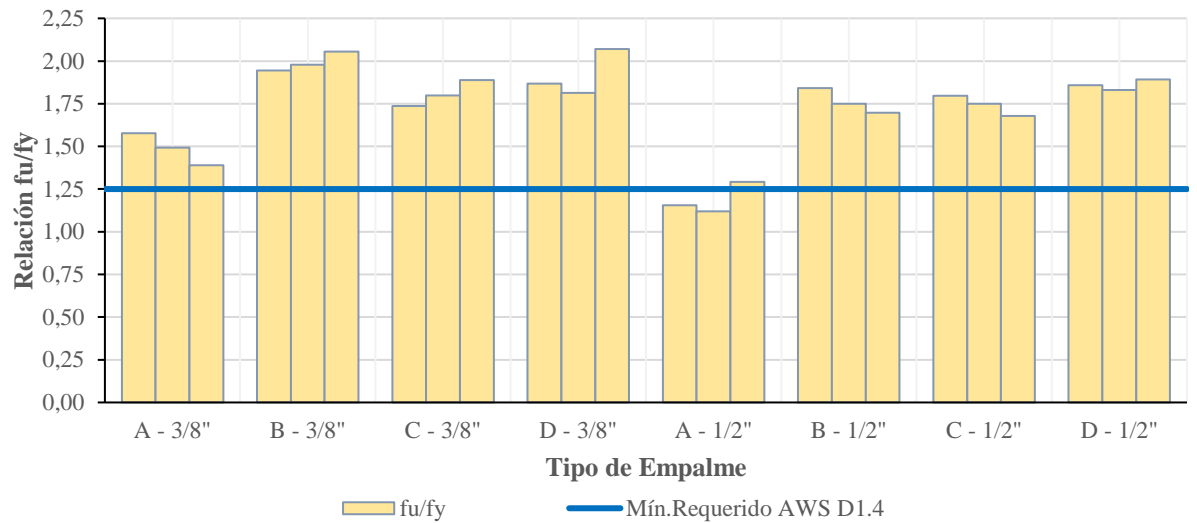
Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuantes y Especificados en Empalmes (SMAW)



Nota. Los valores especificados son del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso SMAW ensayados N=27. Fuente: Propia.

Figura 75

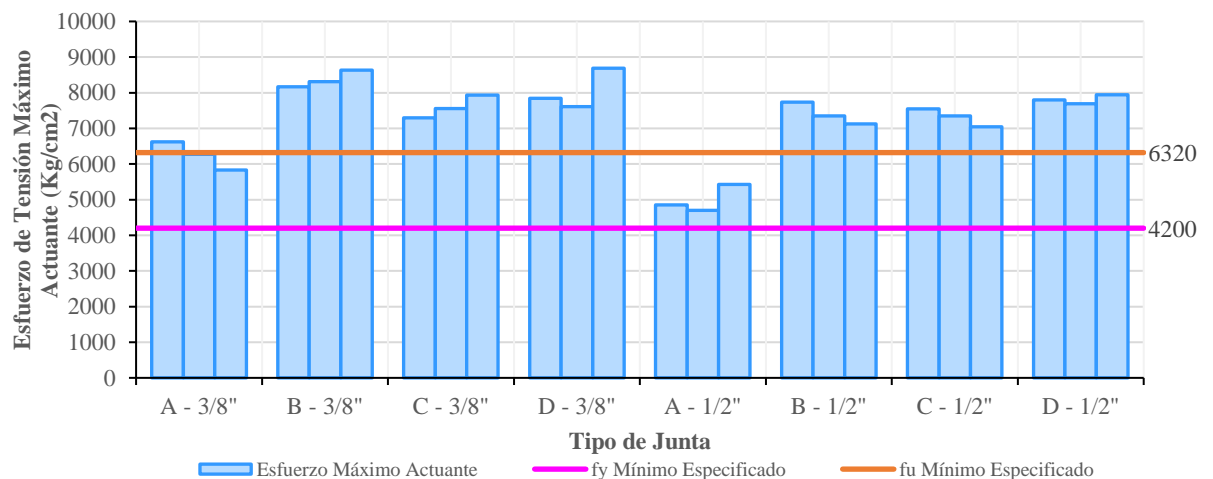
Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en los Empalmes (GMAW)



Nota. La relación f_u/f_y es el cociente entre el esfuerzo de tensión máximo actuante y el esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta $n=3$. Total de empalmes soldados del proceso GMAW ensayados $N=24$. Fuente: Propia.

Figura 76

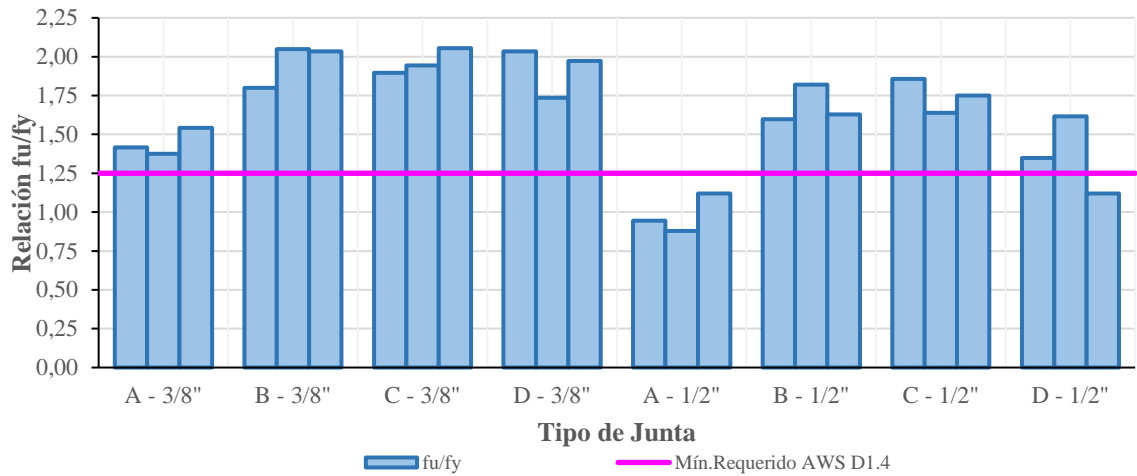
Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuantes y Especificados en Empalmes (GMAW)



Nota. Los valores especificados son del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta $n=3$. Total de empalmes soldados del proceso GMAW ensayados $N=24$. Fuente: Propia.

Figura 77

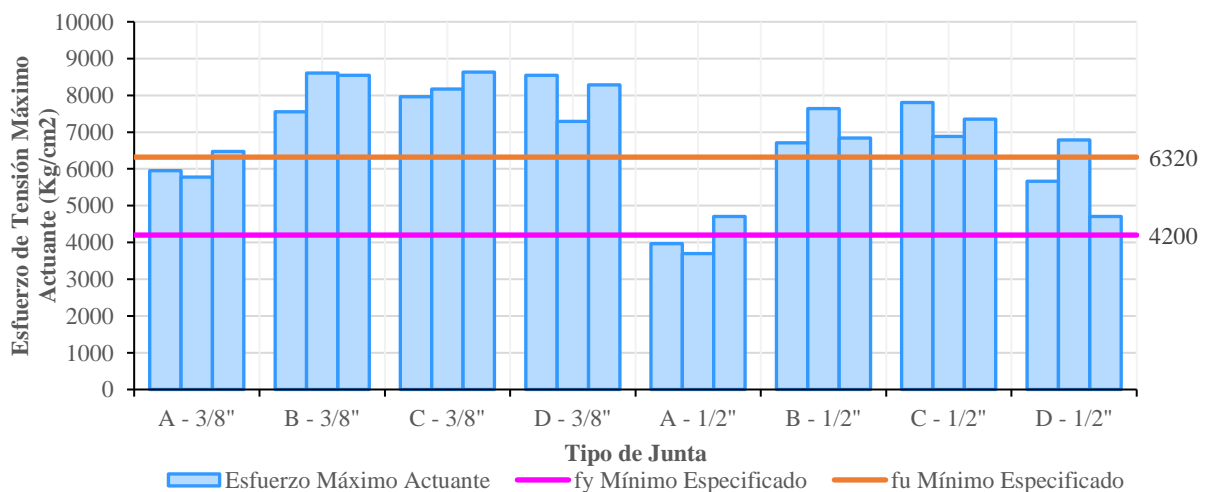
Gráfico Comparativo de la Relación f_u/f_y en los Empalmes (GTAW)



Nota. La relación f_u/f_y es el cociente entre el esfuerzo de tensión máximo actuante y el esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta $n=3$. Total de empalmes soldados del proceso GTAW ensayados $N=24$. Fuente: Propia.

Figura 78

Gráfico Comparativo de Esfuerzos Actuantes y Especificados en Empalmes (GTAW)

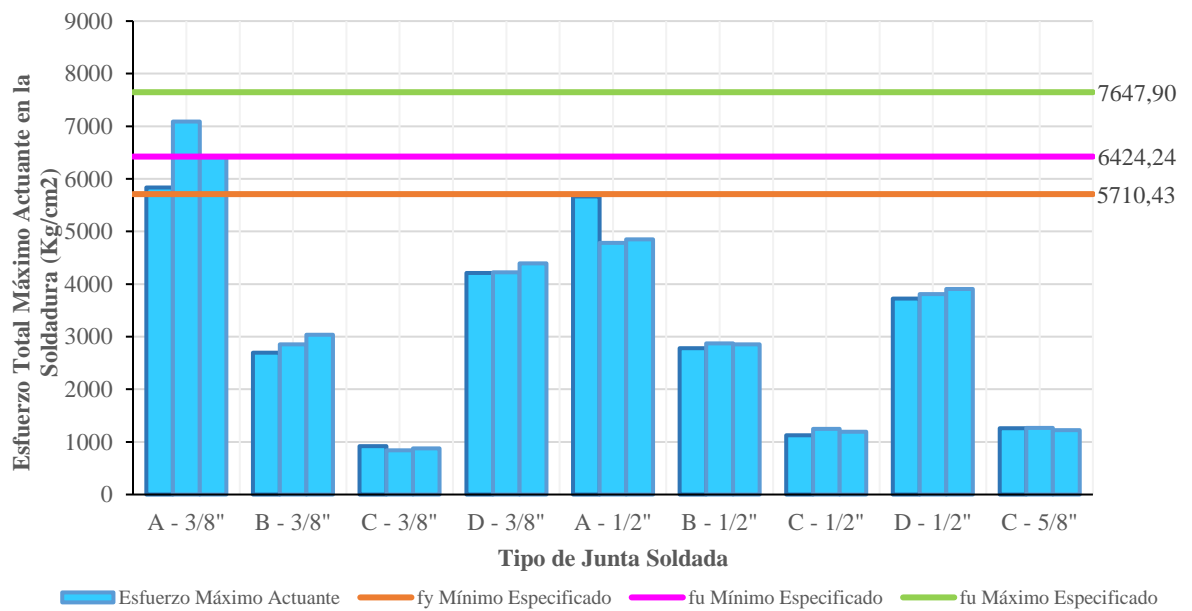


Nota. Los valores especificados son del acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta $n=3$. Total de empalmes soldados del proceso GTAW ensayados $N=24$. Fuente: Propia.

En la Figura 79, Figura 80 y Figura 81, se observa el esfuerzo máximo total actuante en la soldadura (calculado teóricamente) comparada con el esfuerzo de tracción especificado (véase el Anexo C, Anexo D, Anexo E y Anexo F) según la metodología de diseño indicada en el libro de McCormac y Csernak (2012), quienes comparan el esfuerzo de tensión especificado del material de relleno, con la resultante del esfuerzo de corte y los esfuerzos de flexión actuantes en la soldadura .

Figura 79

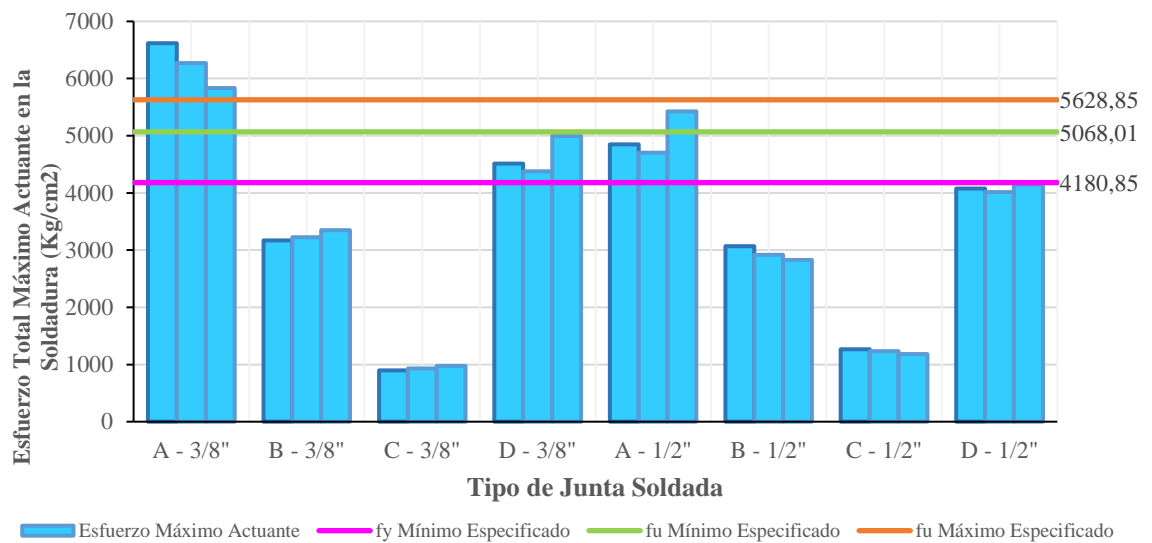
Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuantes y Especificados en la Soldadura SMAW



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del material de relleno de la soldadura. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso SMAW ensayados N=27. Fuente: Propia.

Figura 80

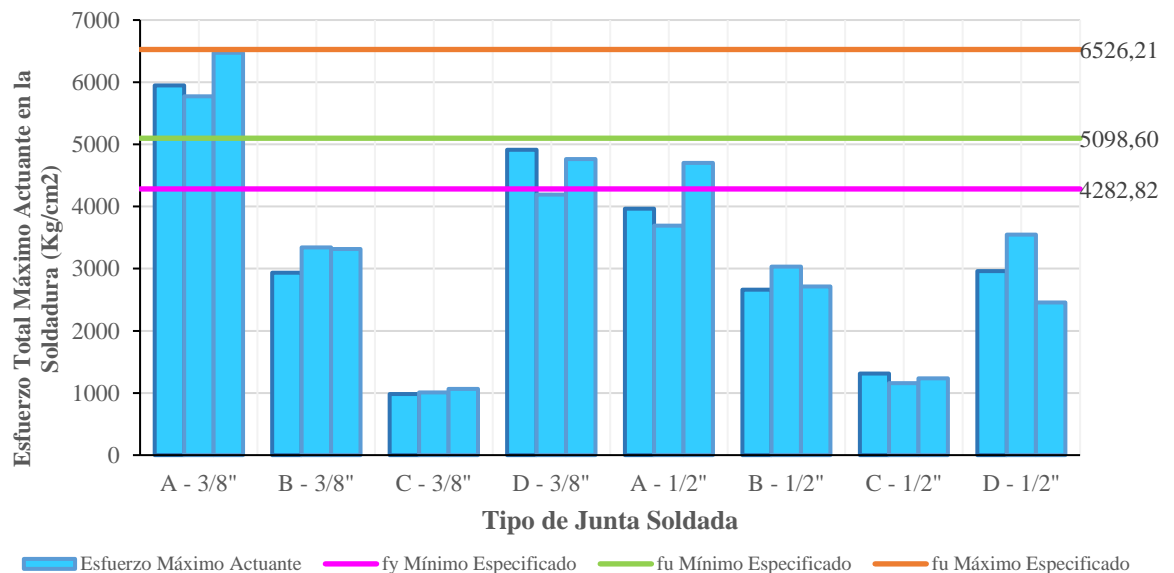
Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuantes y Especificados en la Soldadura GMAW



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del material de relleno de la soldadura. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso GMAW ensayados N=24. Fuente: Propia.

Figura 81

Gráfico Comparativo, Esfuerzos Actuantes y Especificados en la Soldadura GTAW

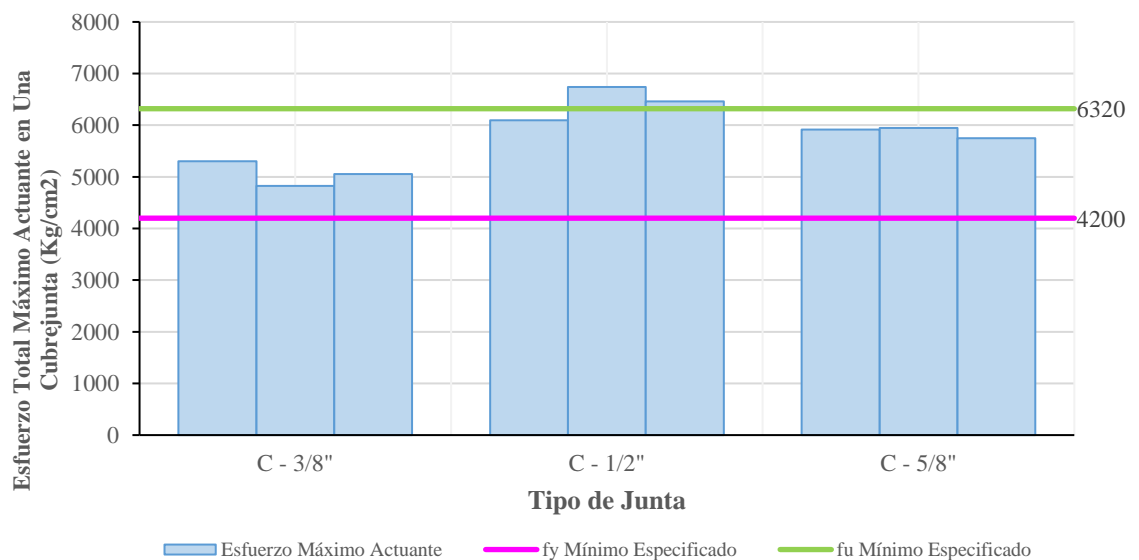


Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del material de relleno de la soldadura. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso GTAW ensayados N=24. Fuente: Propia.

Adicionalmente se comparan las resistencias especificadas de las cubrejuntas (esfuerzo de tensión del ángulo estructural y de las barras) respecto al esfuerzo máximo actuante mostrado en estos componentes. En la Figura 82, Figura 84 y Figura 86, se verifica el cumplimiento de la Norma ASTM A615 para la barra como cubrejunta, indicando el esfuerzo mínimo de fluencia de 4200 Kg/cm² y la resistencia a la tracción mínima para barras corrugadas, con un valor de 6320 Kg/cm². Mientras que, la Figura 83, Figura 85 y Figura 87, muestran para el ángulo estructural como cubrejunta, la verificación del cumplimiento de la Norma ASTM A36, que señala un esfuerzo de fluencia mínimo de 2530 Kg/cm² y la resistencia a la tracción mínima de 4080 Kg/cm² y un valor máximo de 5620 Kg/cm².

Figura 82

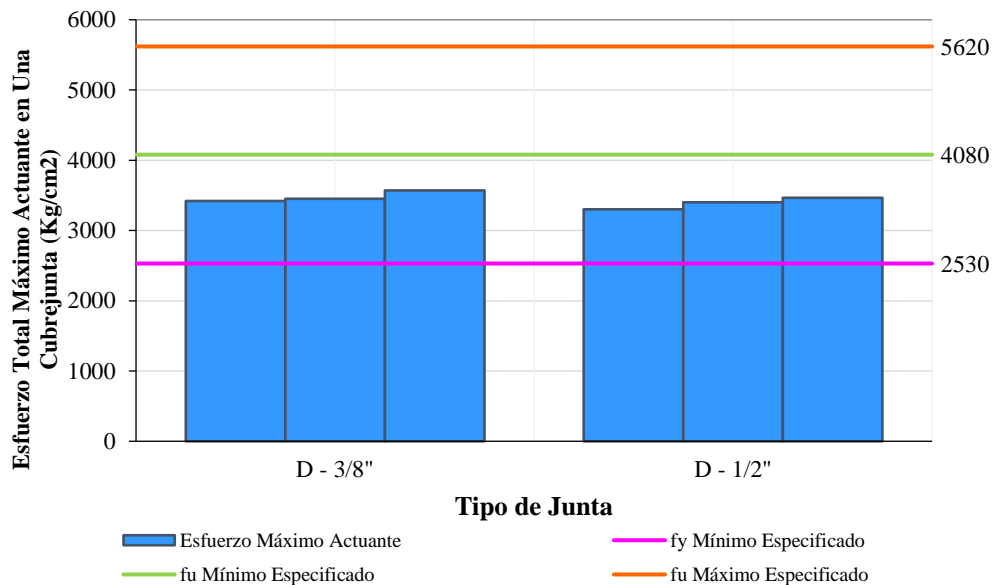
Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (SMAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son de la varilla de acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso SMAW ensayados N=9. Fuente: Propia.

Figura 83

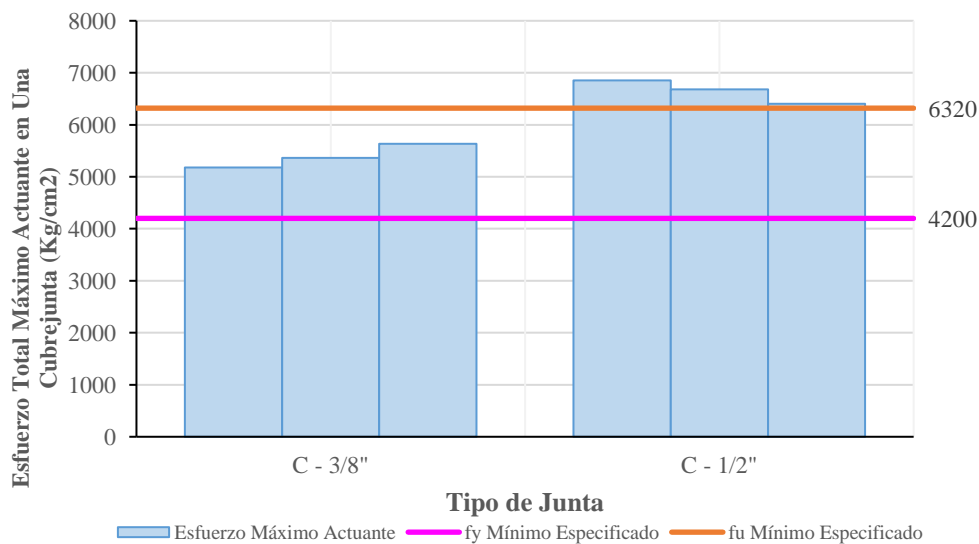
Gráfico Comparativo, Esfuerzos en Ángulo Estructural Cubrejunta (SMAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del ángulo estructural. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso SMAW ensayados N=6. Fuente: Propia

Figura 84

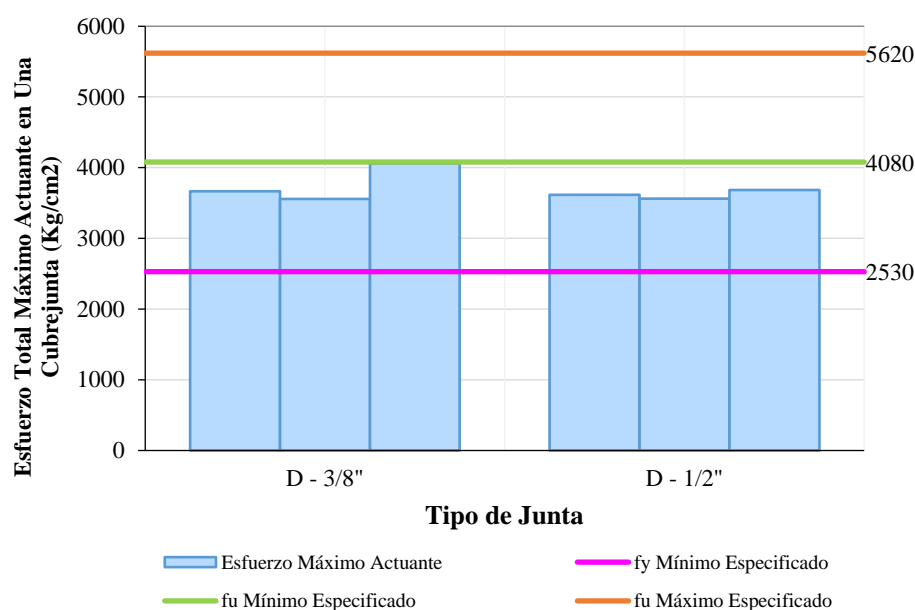
Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (GMAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son de la varilla de acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso GMAW ensayados N=6. Fuente: Propia.

Figura 85

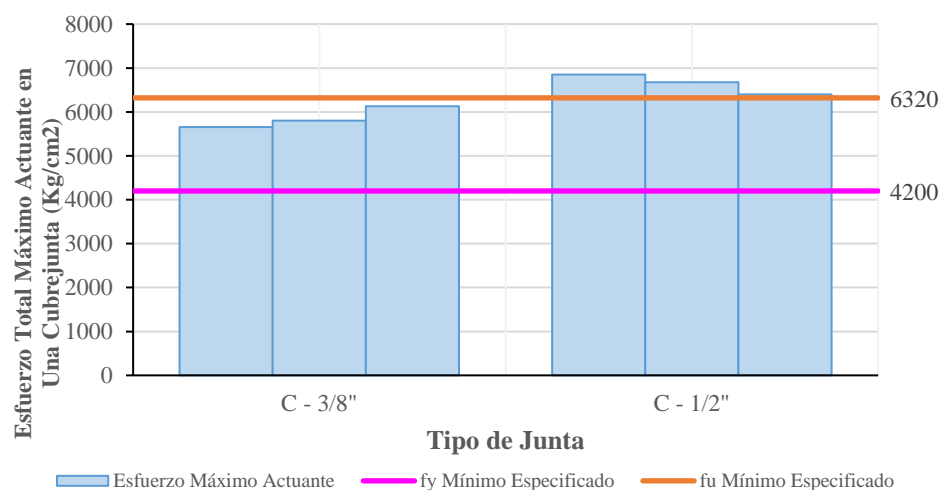
Gráfico Comparativo, Esfuerzos en el Ángulo Estructural Cubrejunta (GMAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del ángulo estructural. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso GMAW ensayados N=6. Fuente: Propia

Figura 86

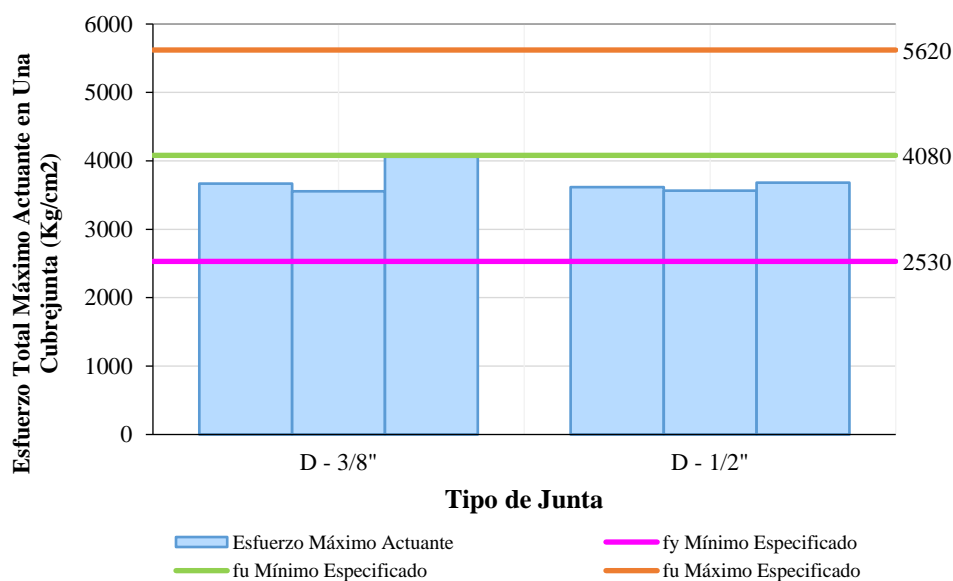
Gráfico Comparativo de Esfuerzos en la Varilla Cubrejunta (GTAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son de la varilla de acero de refuerzo. Total de especímenes por tipo de junta n=3. Total de empalmes soldados del proceso GTAW ensayados N=6. Fuente: Propia.

Figura 87

Gráfico Comparativo, Esfuerzos en el Ángulo Estructural Cubrejunta (GTAW)



Nota. Los especímenes fueron los empalmes soldados y los valores especificados son del ángulo estructural. Total de especímenes por tipo de junta $n=3$. Total de empalmes soldados del proceso GTAW ensayados $N=6$. Fuente: Propia

5.5. Análisis de Variabilidad

En la Tabla 38 y Tabla 39, se observa que los valores de la desviación estándar para la variable f_u/f_y son mucho menores que las del esfuerzo máximo actuante. Al respecto, Bueno (2006), en su tesis doctoral, afirma que, “*en una muestra, si la desviación típica de una variable es mayor al de otra variable, no indica que la segunda presente menos dispersión en su distribución, puesto que las variables a las que van referidas son distintas*”. Asimismo, Bueno, dice que, “*las desviaciones típicas están dadas en las mismas unidades de la variable, y que dos distribuciones solo serán comparables si sus medias son iguales y las dos variables a comparar están en las mismas unidades*”. Para corregir dicho problema, Bueno, determina el coeficiente de variación de Pearson (CV) y compara la dispersión de variables con distintas unidades.

En la Tabla 42, Tabla 43 y Tabla 44, se muestran los valores del coeficiente de Pearson para comparar la variabilidad del esfuerzo actuante máximo (f_u) y la relación f_u/f_y .

Tabla 42*Coefficiente de Variación del Esfuerzo de Tracción (f_u) en las Varillas Control*

Diámetro	Número de Datos	Coefficiente de Variación de Pearson (CV)
Todos	9	0.028
3/8"	3	0.028
1/2"	3	0.025
5/8"	3	0.020

Nota. Las varillas fueron de Acero Corrugado ASTM A615 Grado 60 de la casa SIDER PERÚ. Total de Especímenes Ensayados $n=9$. Fuente: Propia.

Tabla 43*Coefficiente de Variación del Esfuerzo de Tracción (f_u) en Empalmes Soldados*

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Proceso SMAW	Proceso GMAW	Proceso GTAW
		Coefficiente de Variación de Pearson (CV)	Coefficiente de Variación de Pearson (CV)	Coefficiente de Variación de Pearson (CV)
3/8"	Tope Directo	0.097	0.063	0.060
3/8"	Solape directo con barras en contacto	0.059	0.029	0.072
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	0.047	0.042	0.042
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.024	0.071	0.082
1/2"	Tope Directo	0.097	0.077	0.127
1/2"	Solape directo con barras en contacto	0.017	0.042	0.071
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	0.050	0.034	0.062
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.024	0.016	0.183
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	0.018		

Nota. Total de muestras $N=25$. Total de Especímenes Ensayados $n=75$. Fuente: Propia.

Tabla 44*Coefficiente de Variación de la Relación f_u/f_y de Empalmes Soldados*

Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Proceso SMAW	Proceso GMAW	Proceso GTAW
		Coefficiente de Variación de Pearson (CV)	Coefficiente de Variación de Pearson (CV)	Coefficiente de Variación de Pearson (CV)
3/8"	Tope Directo	0.097	0.063	0.060
3/8"	Solape directo con barras en contacto	0.059	0.029	0.072
3/8"	Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	0.047	0.042	0.042
3/8"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	0.024	0.071	0.082
1/2"	Tope Directo	0.097	0.077	0.127
1/2"	Solape directo con barras en contacto	0.017	0.042	0.071
1/2"	Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	0.050	0.034	0.062
1/2"	Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.024	0.016	0.183
5/8"	Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	0.018		

Nota. Total de muestras $N=25$. Total de Especímenes Ensayados $n=75$. Fuente: Propia.

f_u es el esfuerzo actuante máximo de tracción.

f_y es el esfuerzo de fluencia especificado.

5.6. Análisis de Normalidad

En la presente Tesis, las muestras de estudio son pequeñas, con un tamaño muestral de $n=3$, por lo tanto, para determinar si los datos numéricos de ensayos de cada muestra se ajustan a la distribución Normal se usa el modelo de Shapiro- Wilks.

Para cada indicador (esfuerzo de tensión actuante máximo f_u y relación f_u/f_y), se muestran los valores del estadístico de contraste (p-valor), que es la probabilidad con un nivel de confianza $(1-\alpha)$ del 95%. Si esta probabilidad es inferior a $\alpha = 0.05$, rechazamos que la distribución sea normal, en caso contrario, afirmamos que no hay evidencias significativas en la muestra para rechazar la normalidad de la distribución. El análisis se realiza para las 25 muestras de empalmes soldados.

Asimismo, en las muestras de empalmes soldados, al tener solo un tamaño muestral de $n=3$, solo se calcula la asimetría de las distribuciones de las variables f_u y f_u/f_y . Al ser f_y un valor constante, los parámetros de normalidad, como la asimetría y p-valor, son iguales en ambas variables. En la Tabla 45 se indica los parámetros.

Tabla 45

Análisis de Normalidad del Esfuerzo de Tracción (f_u) y la Relación f_u/f_y

Tipo de Junta	Proceso SMAW		Proceso GMAW		Proceso GTAW	
	Asimetría	p-valor	Asimetría	p-valor	Asimetría	p-valor
Tope Directo	0.209	0.918	-0.331	0.878	1.293	0.415
Solape directo con barras en contacto	0.199	0.925	1.034	0.491	-1.713	0.106
Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	0.130	0.961	0.535	0.809	1.071	0.482
Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	1.680	0.167	1.409	0.368	-1.430	0.358
Tope Directo	1.699	0.136	1.458	0.344	1.217	0.441
Solape directo con barras en contacto	-1.415	0.365	0.757	0.689	1.607	0.246
Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	-0.404	0.857	-0.657	0.749	-0.053	0.976
Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	0.271	0.892	0.371	0.867	0.230	0.901
Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	-1.561	0.282				

Nota. Total de muestras $N=25$. Total de Empalmes Ensayados $n=75$. Fuente: Propia.

f_u es el esfuerzo actuante máximo de tracción.

f_y es el esfuerzo de fluencia especificado.

En la Tabla 45, se observa que, hay normalidad ($p\text{-valor} > 0.05$) para todos los datos del esfuerzo actuante máximo de tensión (f_u) y para la relación f_u/f_y .

Las muestras de empalmes y las muestras patrón son relacionadas, por lo que, en la comparación de ambos grupos, se aplica la prueba T-Student de muestras relacionadas, y la variable es la diferencia de valores de los indicadores de las muestras. Se verifica la normalidad con el contraste de Shapiro- Wilks, de la diferencia de esfuerzos actuantes máximos de tensión. La Tabla 46 indica el resumen de valores.

Tabla 46

Análisis de Normalidad de la Diferencia de Esfuerzos de Tracción ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$)

Muestras Patrón	Muestras de Empalmes Soldados	Diám. Barra Principal del Empalme	Proceso de Soldadura	Parámetros Estadísticos de las diferencias de datos: ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$)	
				Asimetría	p-valor (prueba Shapiro-Wilks)
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme de Junta a Tope Directo	3/8"	SMAW	-1.090	0.477
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme de Junta a Solape directo con barras en contacto	3/8"	SMAW	-1.715	0.101
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	3/8"	SMAW	-0.795	0.663
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	3/8"	SMAW	1.732	< 0.05
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme de Junta a Tope Directo	1/2"	SMAW	-0.392	0.710
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Solape directo con barras en contacto	1/2"	SMAW	0.000	0.990
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	1/2"	SMAW	1.732	< 0.05
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	1/2"	SMAW	-1.180	0.299



Muestras Patrón	Muestras de Empalmes Soldados	Diám. Barra Principal del Empalme	Proceso de Soldadura	Parámetros Estadísticos de las diferencias de datos: ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$)	
				Asimetría	p-valor (prueba Shapiro-Wilks)
Barras de Acero de Refuerzo de 5/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas	5/8"	SMAW	-0.176	0.941
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope Directo	3/8"	GMAW	-0.892	0.590
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Solape directo con barras en contacto	3/8"	GMAW	0.670	0.741
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	3/8"	GMAW	-1.230	0.437
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	3/8"	GMAW	0.230	0.901
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme de Junta a Tope Directo	1/2"	GMAW	-1.655	0.199
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Solape directo con barras en contacto	1/2"	GMAW	-1.373	0.384
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	1/2"	GMAW	-1.732	< 0.05
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	1/2"	GMAW	-1.597	0.254
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope Directo	3/8"	GTAW	1.220	0.440



Muestras Patrón	Muestras de Empalmes Soldados	Diám. Barra Principal del Empalme	Proceso de Soldadura	Parámetros Estadísticos de las diferencias de datos: ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$)	
				Asimetría	p-valor (prueba Shapiro-Wilks)
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Solape directo con barras en contacto	3/8"	GTAW	1.732	< 0.05
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas	3/8"	GTAW	-0.935	0.554
Barras de Acero de Refuerzo de 3/8"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm	3/8"	GTAW	0.816	0.649
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme de Junta a Tope Directo	1/2"	GTAW	-1.505	0.318
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Solape directo con barras en contacto	1/2"	GTAW	-0.100	0.968
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas	1/2"	GTAW	1.626	0.229
Barras de Acero de Refuerzo de 1/2"	Empalme Soldado de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 1 1/4"x1 1/4"x3/16"	1/2"	GTAW	-0.845	0.627

Nota. Total de muestras de control (varillas sin soldadura) N=3. Total de muestras experimentales (empalmes soldados) N=25. Total de Empalmes Ensayados n=84. Fuente: Propia.

$f_{u_{patrón}}$ es el esfuerzo actuante máximo de tracción en la varilla patrón.

$f_{u_{emp.soldado}}$ es el esfuerzo actuante máximo de tracción en empalme soldado.



En la Tabla 46, se observa que, no hay normalidad (p -valor <0.05) en los datos de las diferencias entre los esfuerzos máximos actuantes de tensión, para los siguientes casos:

- Muestra de barras patrón de 3/8” y la muestra de empalme soldado de junta a tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta de 25mmx25mmx3mm (D-3/8”, proceso SMAW).
- Muestra de barras patrón de 1/2” y la muestra de empalme soldado de junta a tope indirecta con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas (C-1/2”, proceso SMAW).
- Muestra de barras patrón de 1/2” y la muestra de empalme soldado de junta a tope indirecta con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas (C-1/2”, proceso GMAW).
- Muestra de barras patrón de 1/2” y la muestra de empalme soldado de junta a solape directo con barras en contacto (B-1/2”, proceso GTAW).

Para comparar la relación f_u/f_y con el valor hipotético de 1.25 (mínimo valor indicado en la AWS D1.4), se analizan las muestras de empalmes soldados, por lo tanto, se aplica la prueba de T-Student de una muestra, donde se usa como variable a f_u/f_y . Por consiguiente, se verifica previamente la normalidad de los datos f_u/f_y con el contraste de Shapiro- Wilks, y los valores se indican en la Tabla 45. Sin embargo, f_y es un valor constante, por la cual, son los mismos que los valores de la variable f_u .

5.7. Prueba de Hipótesis

Se considera la población a las barras de acero de refuerzo de la norma ASTM A615, de grado 60, que son fabricados por la casa SIDERPERÚ.

Respecto a las muestras, Tamayo (1999), dice que, los grupos experimentales, se exponen a los estímulos experimentales, y los grupos de control son los que no reciben dicho tratamiento. En relación a lo indicado, en la presente tesis, hay un grupo control (barras patrón) que se compara a los grupos experimentales (empalmes soldados). Los indicadores de la variable dependiente son: el esfuerzo de tracción máximo actuante f_u y la relación f_u/f_y , donde f_y es el esfuerzo de fluencia especificado. Los indicadores de la variable independiente son: el proceso de soldadura, la resistencia a la tracción especificada del material de relleno y el tipo de junta; los cuales varían para cada muestra experimental. Los valores f_u de las muestras con soldadura son comparados a los valores de la muestra patrón.

Para tener datos más precisos del grupo control, la muestra debería estar conformada por todas las barras patrón ($n=9$), el cual incluye los 3 diámetros. Sus datos

son los esfuerzos de tracción, y hacen que el diámetro ya no sea variable, mientras que otras características como el material de las barras de acero, son constantes. Sin embargo, al ser los grupos de control y experimental, pareadas o relacionadas, deberían relacionarse por cada diámetro, por lo tanto, cada muestra patrón tiene un solo diámetro con un tamaño muestral de $n=3$. Las muestras experimentales (empalmes soldados) poseen características distintas entre sí, como el diámetro de la barra principal, el tipo de junta y el proceso de soldadura, por la cual, se tratan por separado, donde cada muestra posee un tamaño de $n=3$.

La hipótesis (alternativa), indica que, los valores de f_u de los empalmes soldados no son menores que los valores de las barras patrón, y que su relación f_u/f_y son mayores a 1.25, cumpliendo con la AWS D1.4. Por lo tanto, se desprenden dos hipótesis para la prueba.

Se sabe que, las muestras 0 (barras patrón) están sin tratamiento, y en las muestras x (empalme soldado) están con tratamiento (soldadura), concluyendo que, las muestras 0 y x son relacionadas, y que la variable es la diferencia de valores de ambas muestras (prueba de hipótesis 1). En el caso de que los datos de dicha variable sean normales, se realiza la Prueba T-Student de muestras relacionadas. Si los datos no son normales, se realiza la Prueba de Wilcoxon.

Asimismo, en la prueba de hipótesis 2, la variable es f_u/f_y , y anteriormente se verificó que sus datos presentan normalidad ($p\text{-valor}>0.05$). Por lo que, solo se realiza la prueba T-Student de la media poblacional (valor mínimo hipotético de 1.25 según la AWS D1.4).

5.7.1. Prueba de la Hipótesis 1

La hipótesis indica que las resistencias máximas actuantes de tracción “ f_u ” de los empalmes soldados son mayores o iguales a las “ f_u ” de las barras patrón.

Para afirmar si las “ f_u ” de ambas muestras, son similares o una es mayor que la otra, y así no dejar en la conclusión de prueba, el término “menor o igual”; se desprenden 2 pruebas de hipótesis

- **Prueba unilateral o de una cola**

Se afirma en la hipótesis alterna que, las resistencias máximas actuantes de tracción f_u de los empalmes soldados son mayores que en las barras patrón.

- **Prueba bilateral o de dos colas**

Se afirma en la hipótesis nula que, las resistencias máximas actuantes de tracción f_u de los empalmes soldados son iguales que en las barras patrón.

5.7.1.1. Formulación o Modelo Lógico

a. En el caso de que la distribución de datos de la variable “fu” sea normal:

- Prueba unilateral o de una cola

H_0 : “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es mayor o igual a cero.”

H_1 : “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es menor a cero.”

- Prueba bilateral o de dos colas

H_0 : “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es igual a cero.”

H_1 : “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es diferente de cero.”

b. En el caso de que la distribución de datos de la variable “fu” no sea normal

H_0 : “La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es mayor o igual a cero.”

H_1 : “La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados es menor a cero.”

5.7.1.2. Modelo Matemático

a. Para la prueba T-Student para muestras relacionadas

- Prueba unilateral o de una cola:

$$H_0 : \mu_d \geq 0$$

$$H_1 : \mu_d < 0$$

- Prueba bilateral o de dos colas:

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

b. Para la prueba de Wilcoxon

- Prueba unilateral o de una cola:

$$H_0 : Me_d \geq 0$$

$$H_1 : Me_d < 0$$

- Prueba bilateral o de dos colas:

$$H_0 : Me_d = 0$$

$$H_1 : Me_d \neq 0$$

5.7.2. Prueba de la Hipótesis 2.

La hipótesis indica que las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados son mayores a 1.25. Asimismo, la AWS D1.4, señala que, deben ser mayores o iguales a 1.25.

En consecuencia, para no dejar en la conclusión de prueba, el término “menor o igual”; se desprenden 2 pruebas de hipótesis.

- **Prueba unilateral o de una cola.**

Se afirma en la hipótesis alterna que, las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados son mayores a 1.25.

- **Prueba bilateral o de dos colas.**

Se afirma en la hipótesis alterna que, las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados son diferentes a 1.25.

5.7.2.1. Formulación o Modelo Lógico

Anteriormente, se analizó los datos de las relaciones f_u/f_y , mostrando normalidad, en consecuencia, solo se realiza la prueba T-Student de la media poblacional.

- **Prueba unilateral o de una cola.**

H_0 : “El promedio de la relación f_u/f_y de los empalmes soldados es menor o igual a 1.25.”

H_1 : “El promedio de la relación f_u/f_y de los empalmes soldados es mayor que 1.25.”

- **Prueba bilateral o de dos colas.**

H_0 : “El promedio de la relación f_u/f_y de los empalmes soldados es igual a 1.25.”

H_1 : “El promedio de la relación f_u/f_y de los empalmes soldados es diferente de 1.25.”

5.7.2.2. Modelo Matemático

- Prueba unilateral o de una cola:

$$H_0 : \mu_d \leq 1.25$$

$$H_1 : \mu_d > 1.25$$

- Prueba bilateral o de dos colas:

$$H_0 : \mu_d = 1.25$$

$$H_1 : \mu_d \neq 1.25$$

5.7.2.3. Análisis

En las siguientes tablas y figuras se observa el análisis de la prueba T-Student (datos normales) de las variables “ f_u ” y “ f_u/f_y ”, en cada muestra, y en datos no normales se adjunta el análisis con la prueba de Wilcoxon. El nivel de significancia elegido es de $\alpha=0.05$.

5.7.2.3.1. *Análisis T- Student en muestras relacionadas: var.=fu_{patrón} - fu_{emp. soldado}*

Tabla 47

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra A-3/8" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	5833.52	1195.87
2	7408.57	7087.73	320.84
3	7350.24	6416.87	933.36

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	816.69
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	449.03
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	3.15025
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.95614
p-valor de dos colas (bilateral)	0.08771

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

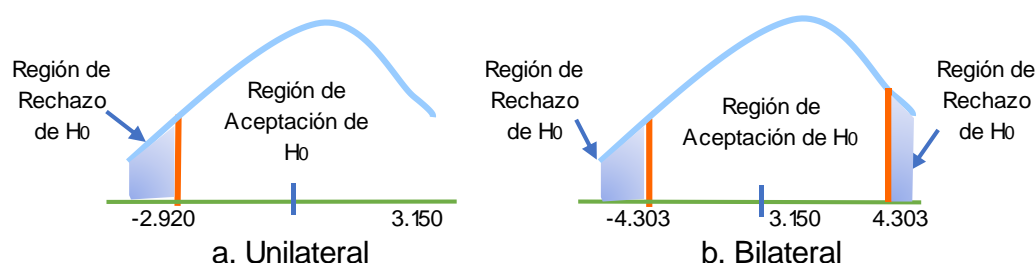
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega.

Figura 88

Validación de Hipótesis: Muestras Control 3/8" y A-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 48

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme B-3/8" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra B-3/8" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	6941.89	87.50
2	7408.57	7350.24	58.34
3	7350.24	7816.92	-466.68

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-106.95
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	311.88
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-0.59394
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.30639
p-valor de dos colas (bilateral)	0.613

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

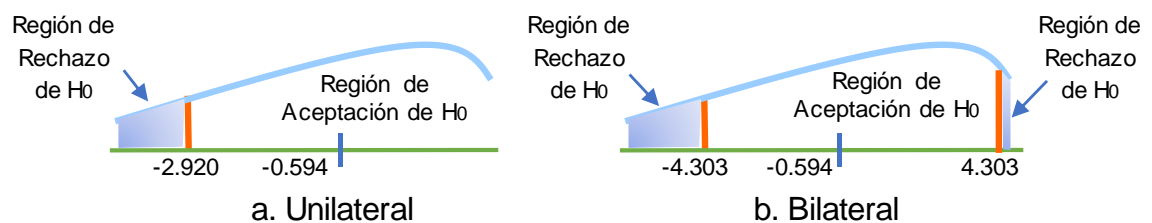
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 89

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y B-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 49

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra C-3/8" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	7466.91	-437.51
2	7408.57	6796.05	612.52
3	7350.24	7116.90	233.34

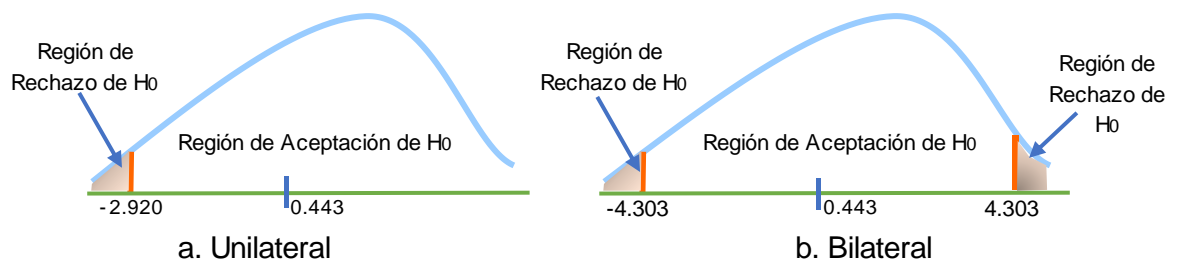
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	136.12
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	531.73
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	0.44338
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.64958
p-valor de dos colas (bilateral)	0.70084

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 90

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 50

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra A-1/2" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	5666.88	1958.53
2	7593.30	4783.94	2809.36
3	7288.28	4848.15	2440.13

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	2402.67
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	426.65
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	9.75396
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.99483
p-valor de dos colas (bilateral)	0.01035

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

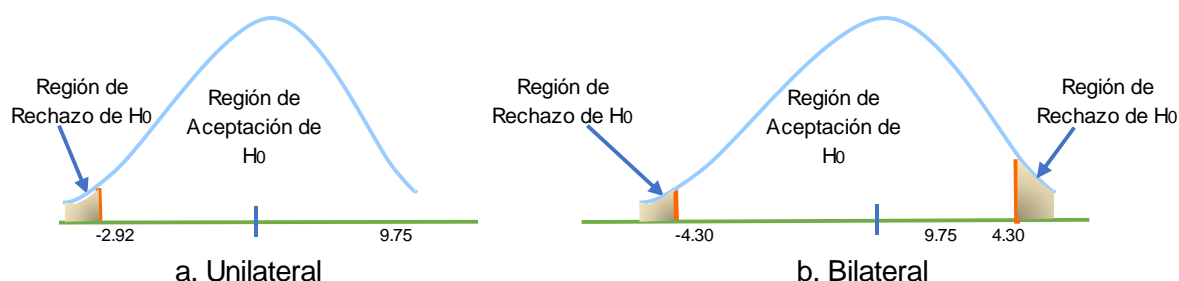
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 91

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra B-1/2" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	7015.37	610.03
2	7593.30	7240.12	353.18
3	7288.28	7191.96	96.32

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	353.18
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	256.86
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	2.38157
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.92991
p-valor de dos colas (bilateral)	0.14017

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

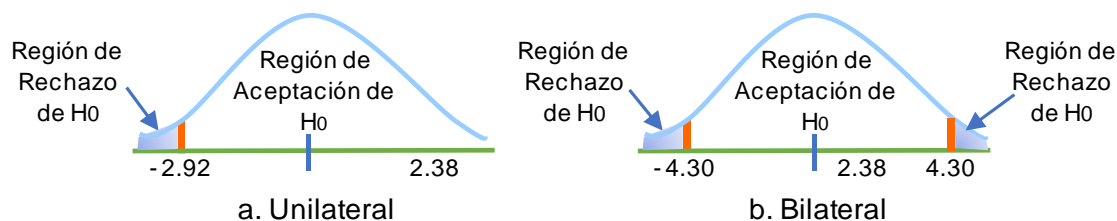
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 92

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 52

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra D-1/2" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	7127.75	497.66
2	7593.30	7288.28	305.02
3	7288.28	7480.93	-192.64

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	203.34
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	356.20
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	0.98877
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.7865
p-valor de dos colas (bilateral)	0.427

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

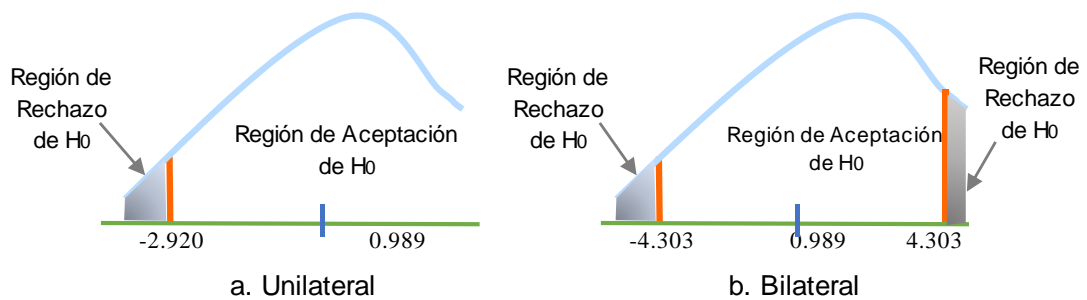
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 93

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 53

Prueba T-Student: Patrón de 5/8" y Empalme C-5/8" (SMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 5/8"	"fu" muestra C-5/8" (SMAW)	Diferencia (d)
1	7627.99	7669.61	-41.63
2	7388.64	7711.24	-322.60
3	7659.21	7451.08	208.13

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-52.03
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	265.52
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-0.33942
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.38331
p-valor de dos colas (bilateral)	0.767

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

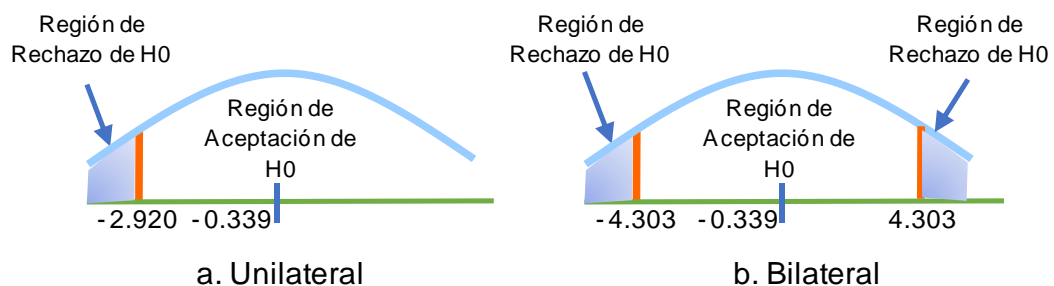
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 94

Validación de Hipótesis: Muestras Control-5/8" y C-5/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 54

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra A-3/8" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	6621.05	408.35
2	7408.57	6271.04	1137.54
3	7350.24	5833.52	1516.72

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	1020.87
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	563.32
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	3.13888
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.95587
p-valor de dos colas (bilateral)	0.08827

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

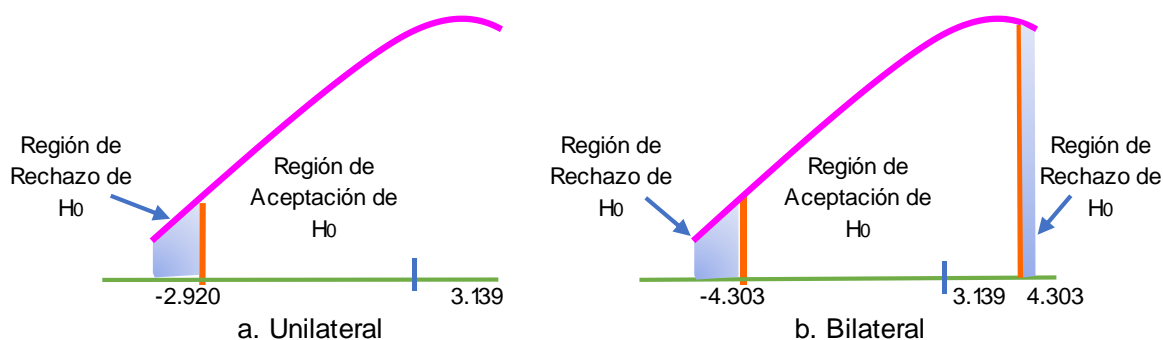
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 95

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y A-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 55

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme B-3/8" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra B-3/8" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	8166.93	-1137.54
2	7408.57	8312.77	-904.20
3	7350.24	8633.61	-1283.37

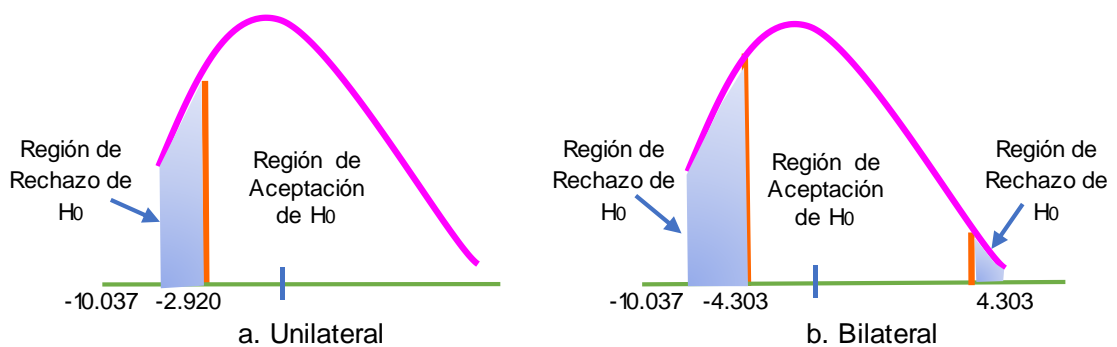
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-1108.37
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	191.26
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-10.03714
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.00489
p-valor de dos colas (bilateral)	0.010

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 96

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y B-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 56

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra C-3/8" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	7291.90	-262.51
2	7408.57	7554.41	-145.84
3	7350.24	7933.59	-583.35

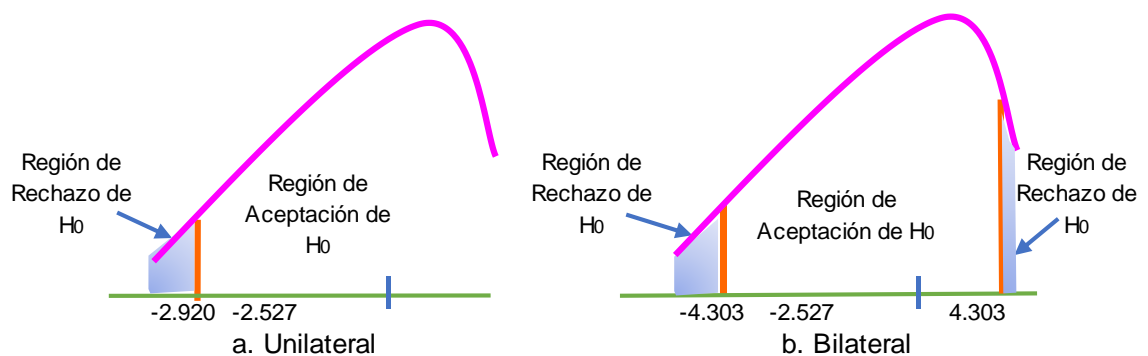
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-330.57
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	226.56
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-2.52720
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.06367
p-valor de dos colas (bilateral)	0.127

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 97

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 57

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme D-3/8" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra D-3/8" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	7846.09	-816.69
2	7408.57	7612.75	-204.17
3	7350.24	8691.95	-1341.71

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-787.53
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	569.33
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-2.39586
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.06942
p-valor de dos colas (bilateral)	0.139

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

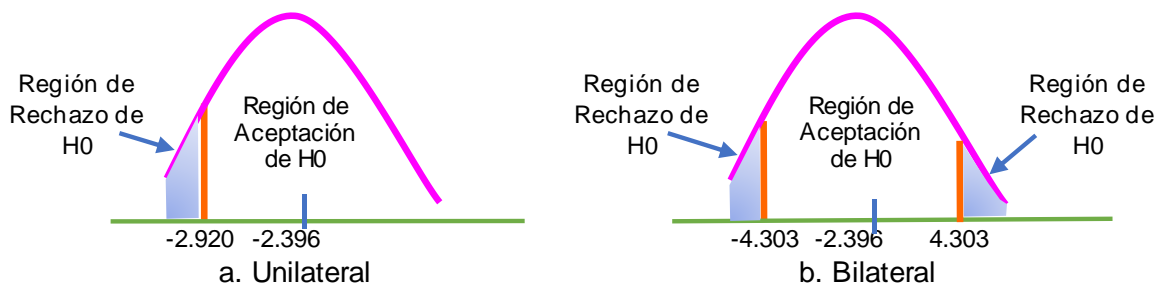
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 98

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y D-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 58

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra A-1/2" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	4848.15	2777.25
2	7593.30	4703.67	2889.63
3	7288.28	5426.08	1862.20

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	2509.70
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	563.55
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	7.71344
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.99180
p-valor de dos colas (bilateral)	0.01640

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

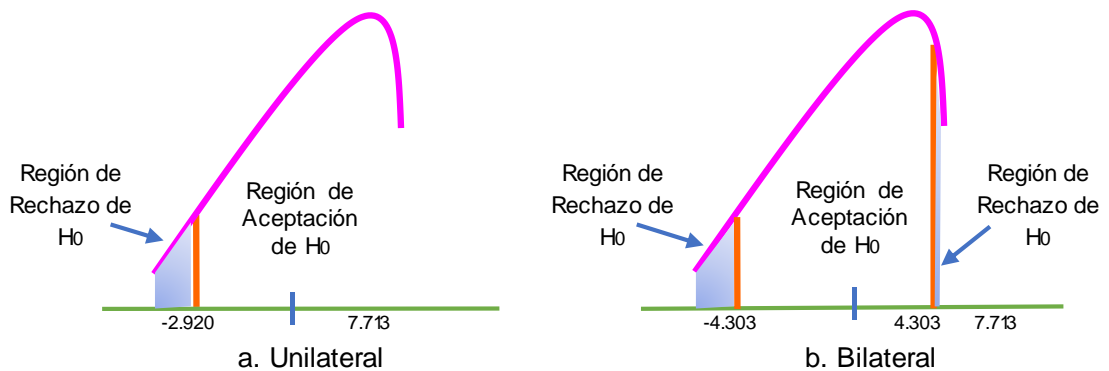
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 99

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 59

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra B-1/2" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	7737.78	-112.37
2	7593.30	7352.50	240.80
3	7288.28	7127.75	160.53

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	96.32
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	185.14
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	0.90113
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.76869
p-valor de dos colas (bilateral)	0.46263

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

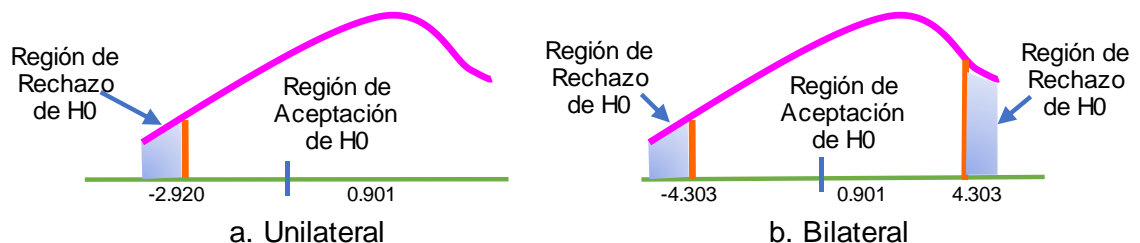
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 100

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 60

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (GMAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra D-1/2" (GMAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	7802.00	-176.59
2	7593.30	7689.62	-96.32
3	7288.28	7946.48	-658.19

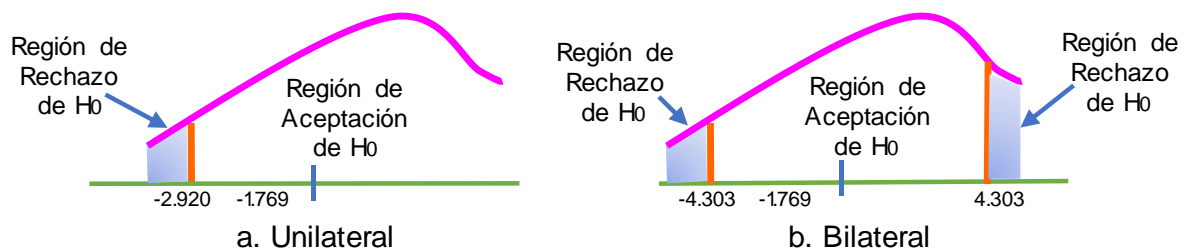
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-310.37
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	303.89
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-1.76898
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.10946
p-valor de dos colas (bilateral)	0.219

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 101

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 61

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme A-3/8" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra A-3/8" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	5950.19	1079.20
2	7408.57	5775.19	1633.39
3	7350.24	6475.21	875.03

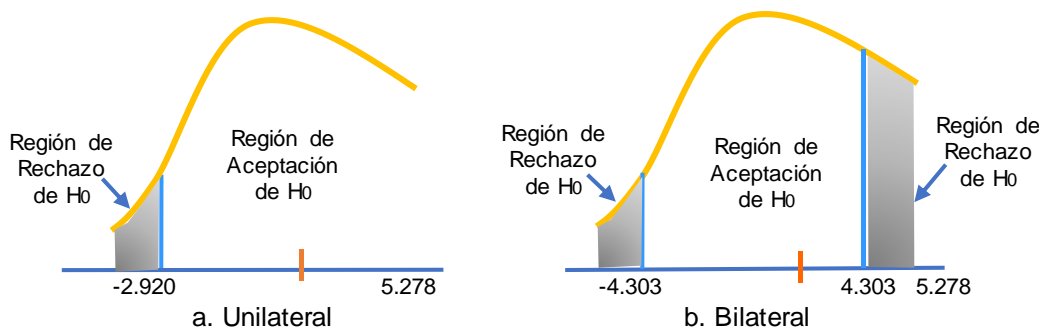
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	1195.87
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	392.41
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	5.27844
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.98297
p-valor de dos colas (bilateral)	0.03407

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 102

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y A-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 62

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme C-3/8" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra C-3/8" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	7962.76	-933.36
2	7408.57	8166.93	-758.36
3	7350.24	8633.61	-1283.37

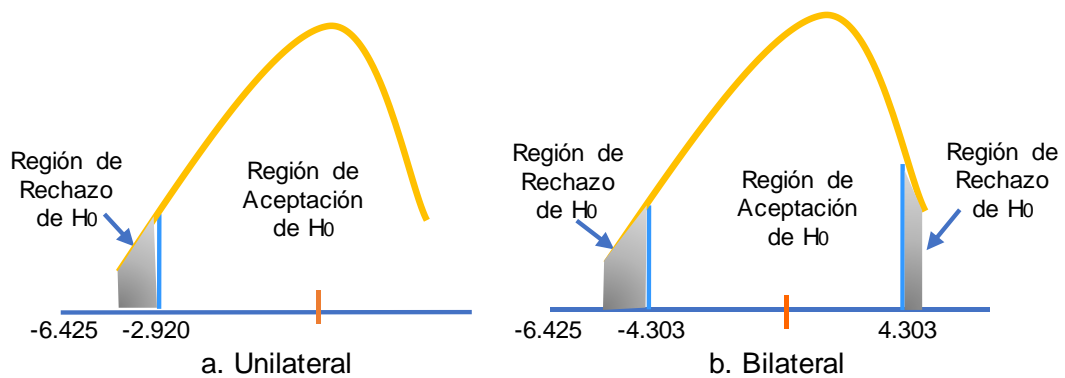
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-991.70
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	267.33
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-6.42540
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.01169
p-valor de dos colas (bilateral)	0.023

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 103

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y C-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 63

Prueba T-Student: Patrón de 3/8" y Empalme D-3/8" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 3/8"	"fu" muestra D-3/8" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7029.39	8546.11	-1516.72
2	7408.57	7291.90	116.67
3	7350.24	8283.60	-933.36

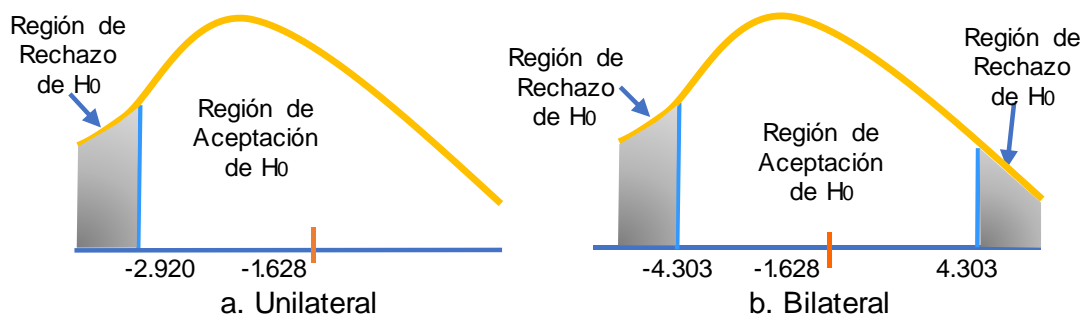
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	-777.80
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	827.73
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	-1.62758
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.12257
p-valor de dos colas (bilateral)	0.245

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 104

Validación de Hipótesis: Muestras Control-3/8" y D-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 64

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme A-1/2" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra A-1/2" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	3965.21	3660.20
2	7593.30	3692.30	3901.00
3	7288.28	4703.67	2584.61

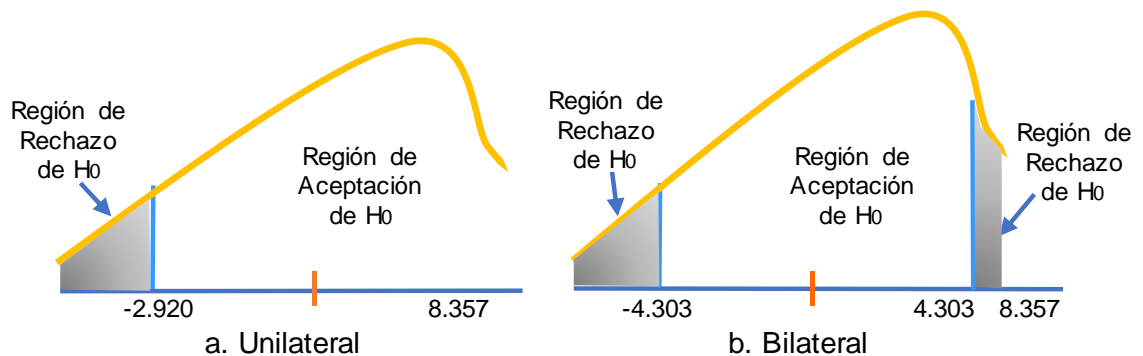
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	3381.93
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	700.92
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	8.35713
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.99299
p-valor de dos colas (bilateral)	0.01402

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 105

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y A-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 65

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme B-1/2" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra B-1/2" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	6710.36	915.05
2	7593.30	7641.46	-48.16
3	7288.28	6838.79	449.50

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	438.80
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	481.69
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	1.57780
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.87233
p-valor de dos colas (bilateral)	0.25535

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

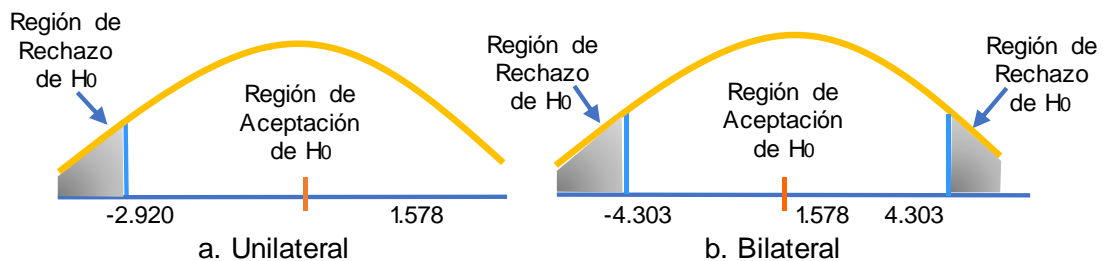
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 106

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y B-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 66

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme C-1/2" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra C-1/2" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	7802.00	-176.59
2	7593.30	6886.95	706.35
3	7288.28	7352.50	-64.21

Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	155.18
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	480.62
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	0.55925
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.68387
p-valor de dos colas (bilateral)	0.63226

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$

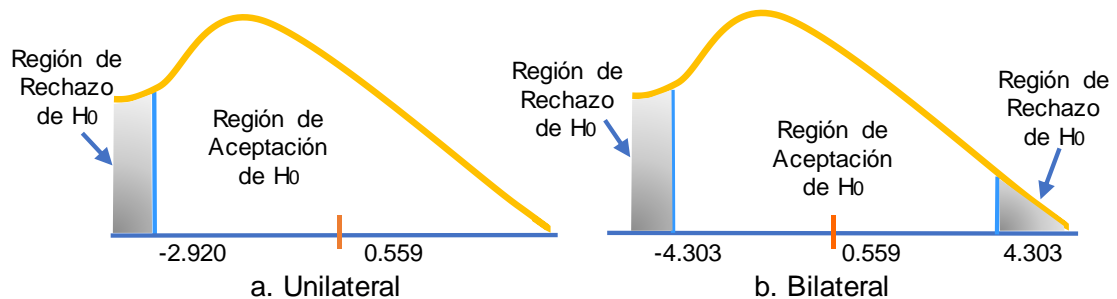
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 107

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y C-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

Tabla 67

Prueba T-Student: Patrón de 1/2" y Empalme D-1/2" (GTAW)

Datos del Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante (fu)			
i	"fu" muestra patrón 1/2"	"fu" muestra D-1/2" (GTAW)	Diferencia (d)
1	7625.41	5666.88	1958.53
2	7593.30	6790.63	802.67
3	7288.28	4703.67	2584.61

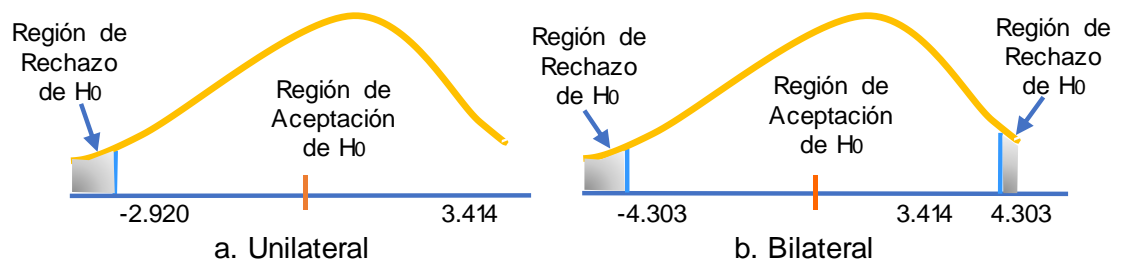
Prueba T-Student Para Muestras Relacionadas	
Item	Valor
Observaciones (n)	3
Media de las Diferencias: \bar{d}	1781.94
Desviación Estandar de las Diferencias: Sd	904.00
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda):	-2.91999
Estadístico t calculado (bilateral):	4.30265
Estadístico de Prueba:	3.41417
p-valor de cola a la izquierda (unilateral izquierda)	0.96194
p-valor de dos colas (bilateral)	0.07612

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$
 Estadístico t calculado (unilateral a la izquierda) = $t_{(\alpha).(n-1)}$
 Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 108

Validación de Hipótesis: Muestras Control-1/2" y D-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. Fuente: Propia.

a. Análisis de la Prueba T- Student en una muestra: variable = f_u/f_y .

Tabla 68

Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (f_u) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (f_y)	
Tipo de Empalme	f_u/f_y
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope Directo del Proceso SMAW	1.39
	1.69
	1.53
Prueba T-Student de Una Muestra	
Item	Valor
Valor Hipotético de f_u/f_y (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.53
Desviación Estandar de los Datos: S	0.15
Grados de libertad: $gl = n-1$	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	3.3008
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0404
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0808

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

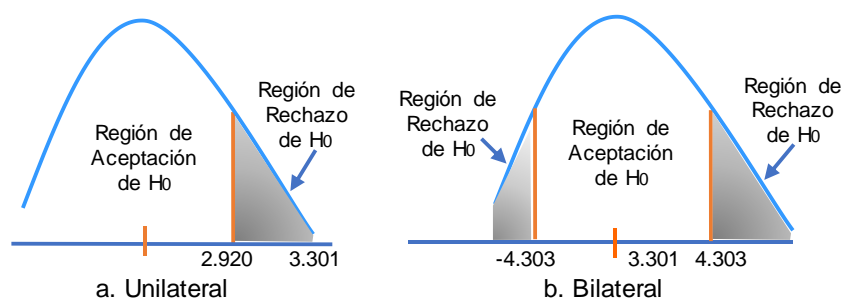
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 109

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación f_u/f_y . Fuente: Propia.

Tabla 69

Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Solape Directo del Proceso SMAW	1.65
	1.75
	1.86
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.75
Desviación Estandar de los Datos: S	0.10
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	8.3853
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0070
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0139

Donde:

$$\text{Estadístico de Prueba: } t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$$

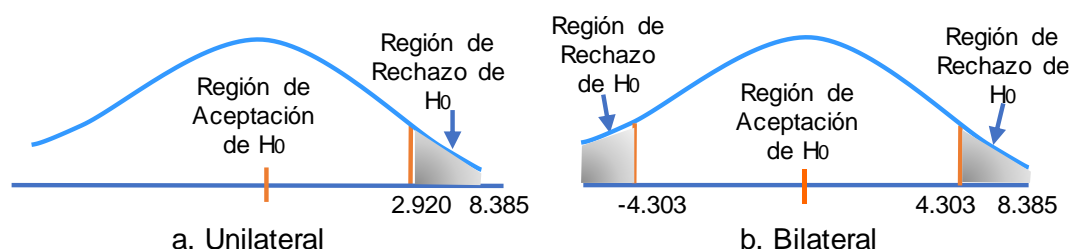
$$\text{Estadístico t calculado (unilateral a la derecha)} = t_{(1-\alpha).(n-1)}$$

$$\text{Estadístico t calculado (bilateral)} = t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 110

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 70

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 2 barras	1.78
de 8mm como cubrejuntas del Proceso SMAW	1.62
	1.69
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.697
Desviación Estandar de los Datos: S	0.080
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	9.6873
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0052
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0105

Donde:

$$\text{Estadístico de Prueba: } t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$$

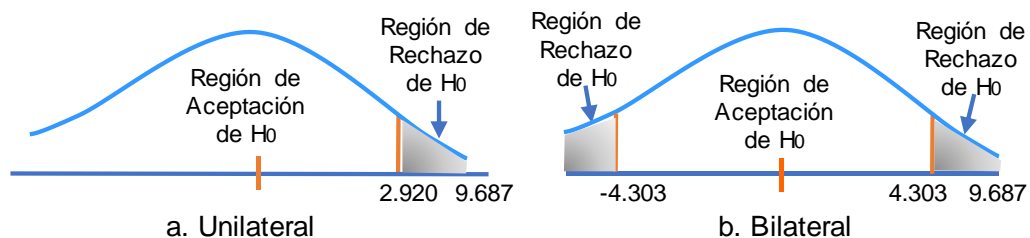
$$\text{Estadístico t calculado (unilateral a la derecha)} = t_{(1-\alpha).(n-1)}$$

$$\text{Estadístico t calculado (bilateral)} = t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 111

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 71

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta del Proceso SMAW	1.74
	1.75
	1.82

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.771
Desviación Estandar de los Datos: S	0.042
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	21.3577
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0011
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0022

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

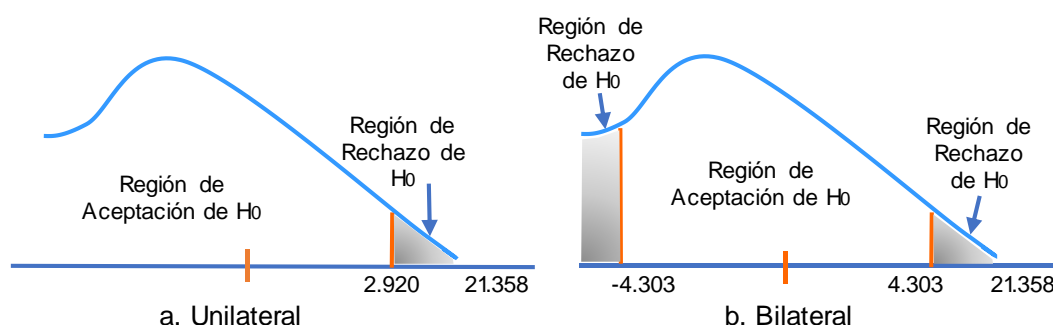
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 112

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 72

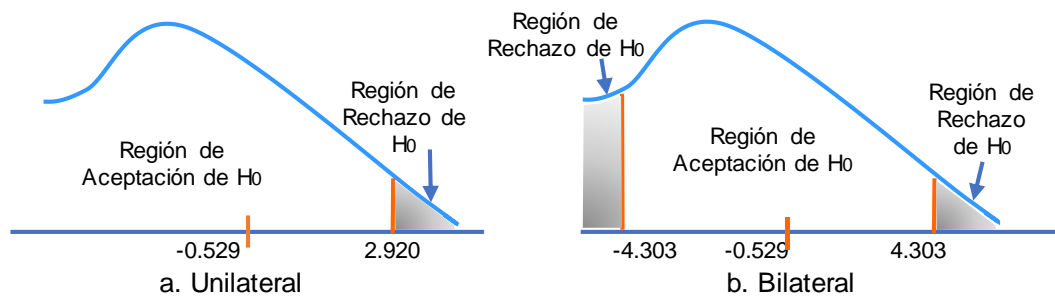
Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Directa del Proceso SMAW	1.35
	1.14
	1.15
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.214
Desviación Estandar de los Datos: S	0.117
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	-0.5290
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.6752
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.6497
Donde:	
Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$	
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$	
Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$	

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 113

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 73

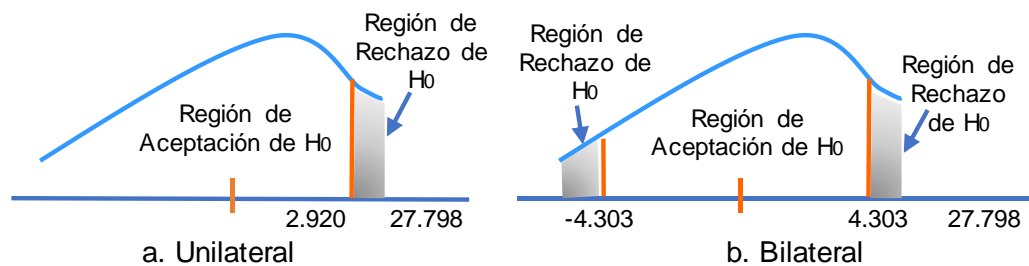
Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Solape Directo del Proceso SMAW	1.67
	1.72
	1.71
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.702
Desviación Estandar de los Datos: S	0.028
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	27.7983
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0006
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0013
Donde:	
Estadístico de Prueba:	$t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) =	$t_{(1-\alpha).(n-1)}$
Estadístico t calculado (bilateral) =	$t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 114

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 74

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 2 Barras de 3/8" Como Cubrejuntas del Proceso SMAW	1.60
	1.77
	1.69

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.686
Desviación Estandar de los Datos: S	0.084
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	8.9450
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0061
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0123

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

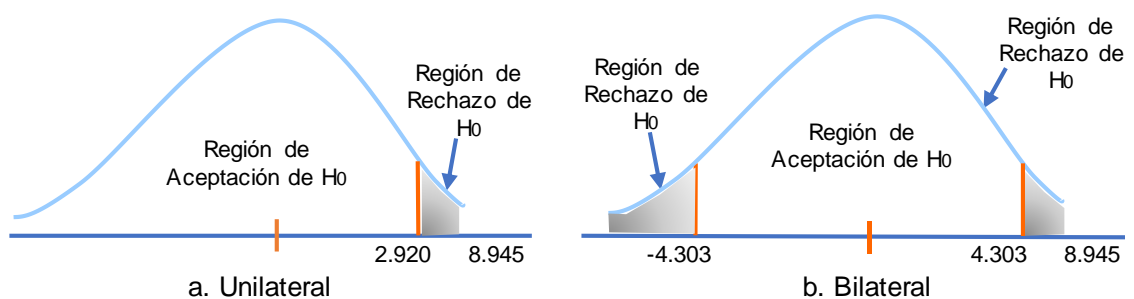
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 115

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 75

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 1	1.70
Ángulo Estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" Como Cubrejunta del	1.74
Proceso SMAW	1.78

Prueba T-Student de Una Muestra	
Item	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.738
Desviación Estandar de los Datos: S	0.042
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	20.0697
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0012
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0025

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

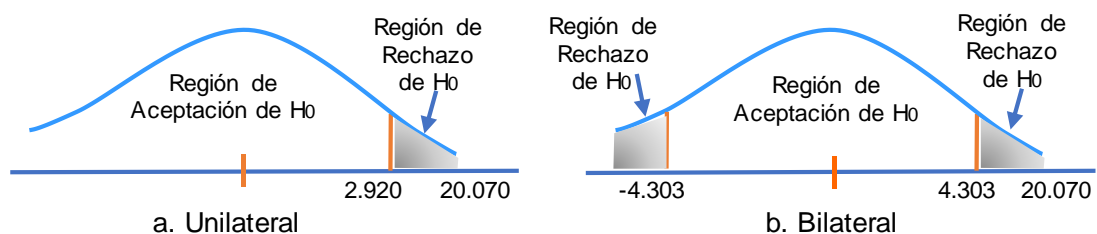
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 116

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 76

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-5/8" (SMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 5/8" de Junta a Tope Indirecta con 2 Barras de 1/2" Como Cubrejuntas del Proceso SMAW	1.83
	1.84
	1.77

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.812
Desviación Estandar de los Datos: S	0.033
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	29.2582
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0006
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0012

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

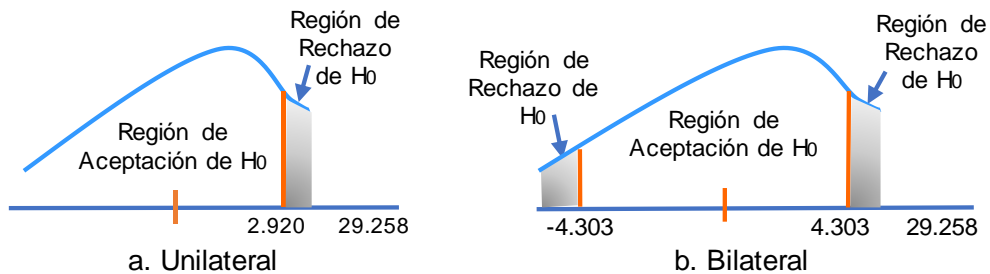
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 117

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-5/8" (SMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 77

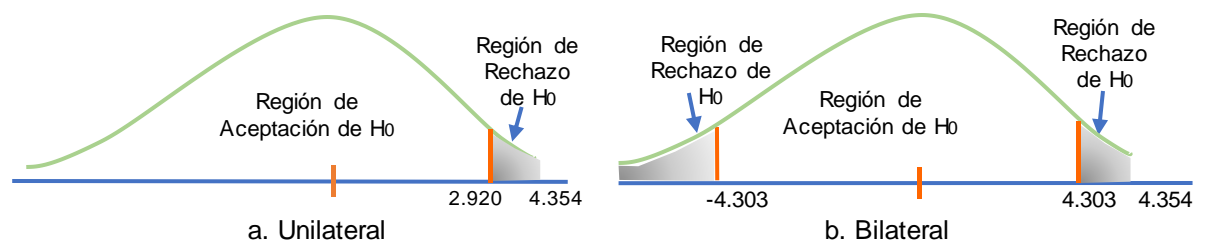
Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope Directo del Proceso GMAW	1.58
	1.49
	1.39
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.486
Desviación Estandar de los Datos: S	0.094
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	4.354
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0245
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0489
Donde:	
Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$	
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$	
Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$	

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 118

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 78

Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Solape Directo del Proceso GMAW	1.94
	1.98
	2.06
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.993
Desviación Estandar de los Datos: S	0.057
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	22.6428
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0010
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0019

Donde:

$$\text{Estadístico de Prueba: } t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$$

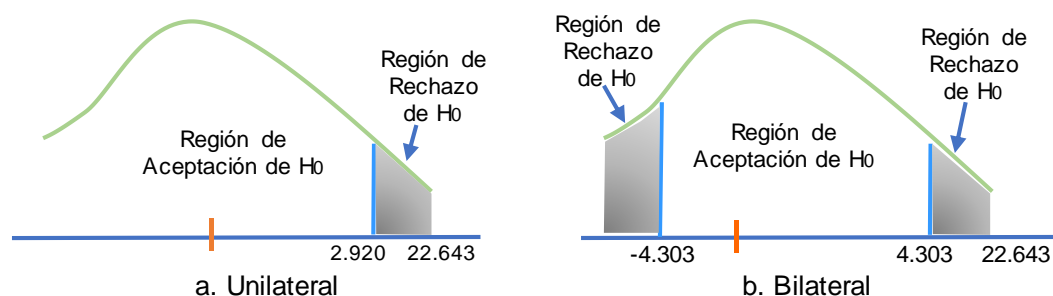
$$\text{Estadístico t calculado (unilateral a la derecha)} = t_{(1-\alpha).(n-1)}$$

$$\text{Estadístico t calculado (bilateral)} = t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 119

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 79

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 2 barras	1.74
de 8mm como cubrejuntas del Proceso GMAW	1.80
	1.89

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.808
Desviación Estandar de los Datos: S	0.077
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	12.5810
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0031
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0063

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

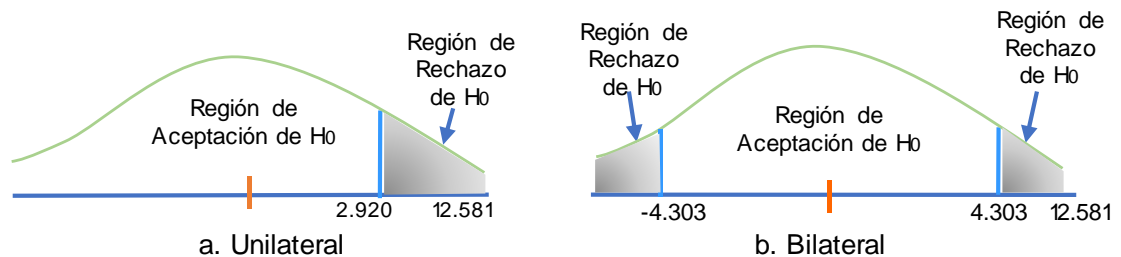
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 120

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 80

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta del Proceso GMAW	1.87
	1.81
	2.07

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.917
Desviación Estandar de los Datos: S	0.135
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	8.5416
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0067
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0134

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

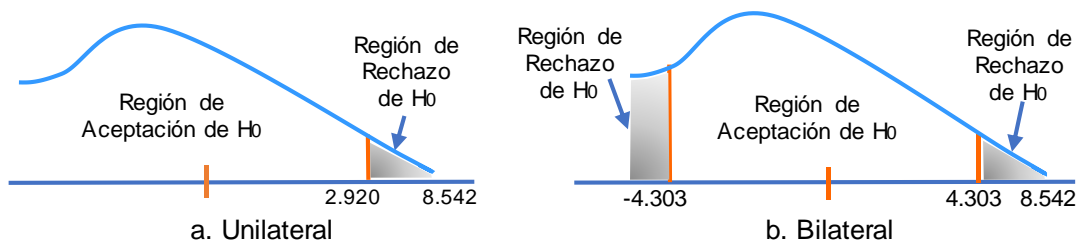
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 121

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 81

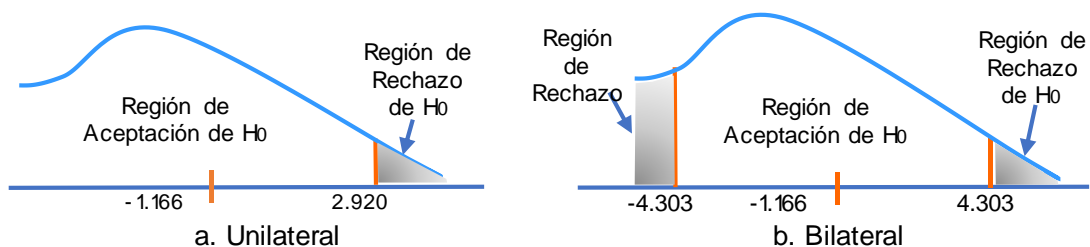
Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Directa del Proceso GMAW	1.15
	1.12
	1.29
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.189
Desviación Estandar de los Datos: S	0.091
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	-1.1661
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.8181
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.3638
Donde:	
Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$	
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$	
Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$	

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 122

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 82

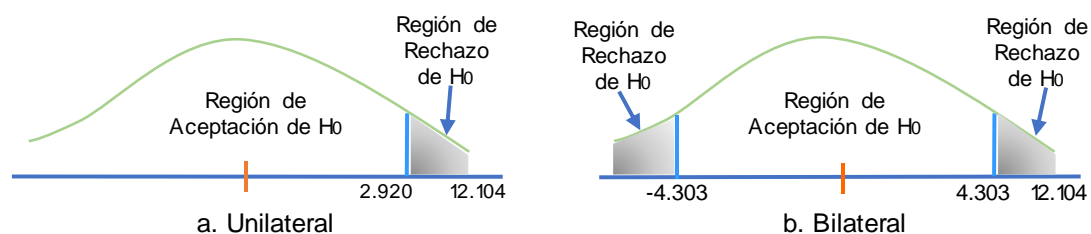
Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Solape Directo del Proceso GMAW	1.84
	1.75
	1.70
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.763
Desviación Estandar de los Datos: S	0.073
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	12.1041
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0034
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0068

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 123

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 83

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 2 Barras de 3/8" Como Cubrejuntas del Proceso GMAW	1.80
	1.75
	1.68

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.742
Desviación Estandar de los Datos: S	0.060
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	14.2537
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0024
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0049

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

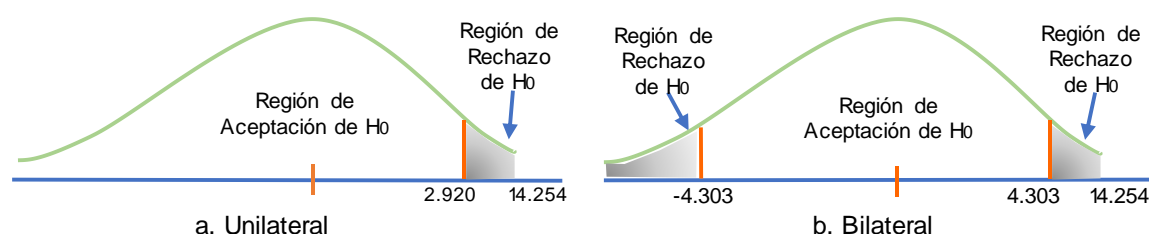
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 124

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 84

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (GMAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 1	1.86
Ángulo Estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" Como Cubrejunta del	1.83
Proceso GMAW	1.89

Prueba T-Student de Una Muestra	
Item	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.860
Desviación Estandar de los Datos: S	0.031
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	34.4723
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0004
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0008

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

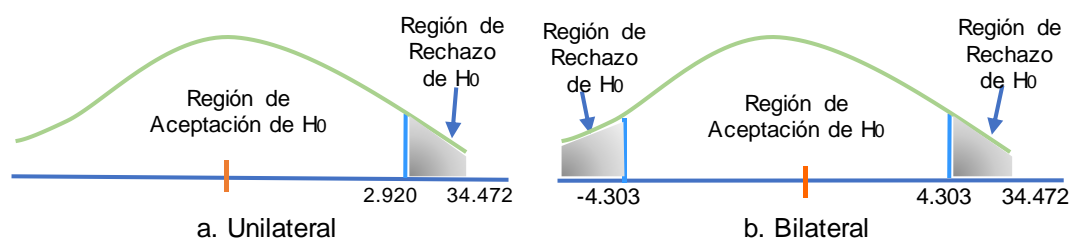
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 125

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (GMAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 85

Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-3/8" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope Directo del Proceso GTAW	1.42
	1.38
	1.54

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.444
Desviación Estandar de los Datos: S	0.087
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	3.8837
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0302
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0604

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

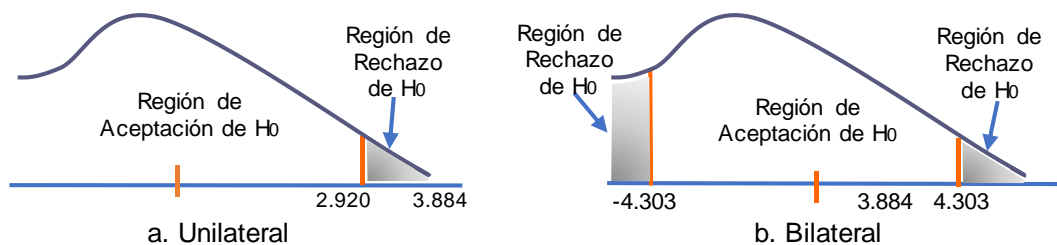
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 126

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 86

Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-3/8" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Solape Directo del Proceso GTAW	1.80
	2.05
	2.03
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.961
Desviación Estandar de los Datos: S	0.141
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	8.7612
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0064
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0128

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

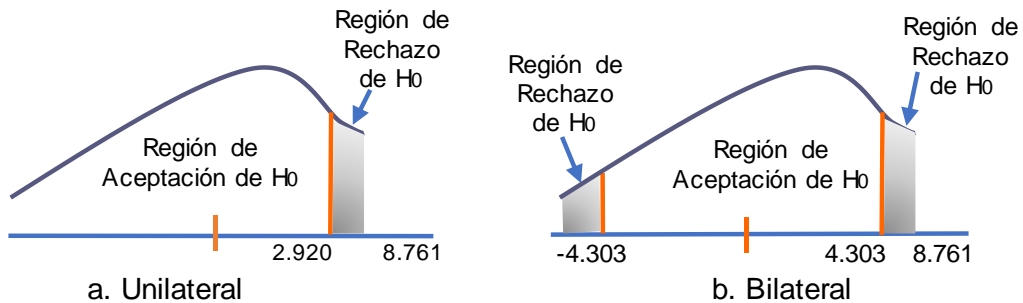
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 127

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 87

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-3/8" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 2 barras	1.90
de 8mm como cubrejuntas del Proceso GTAW	1.94
	2.06
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.965
Desviación Estandar de los Datos: S	0.082
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	15.1326
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0022
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0043

Donde:

$$\text{Estadístico de Prueba: } t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$$

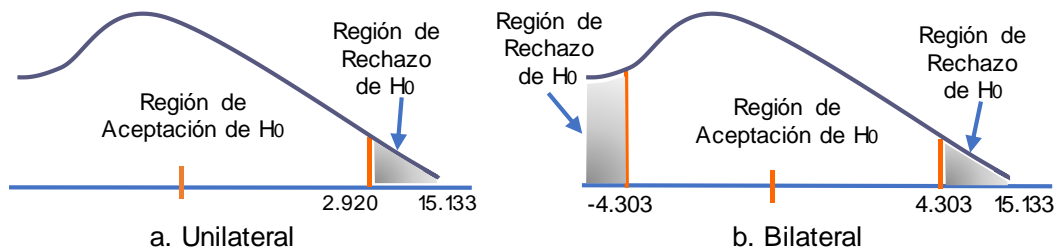
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 128

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 88

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-3/8" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 3/8" de Junta a Tope indirecta con 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta del Proceso GTAW	2.03
	1.74
	1.97

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.914
Desviación Estandar de los Datos: S	0.157
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	7.3068
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0091
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0182

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

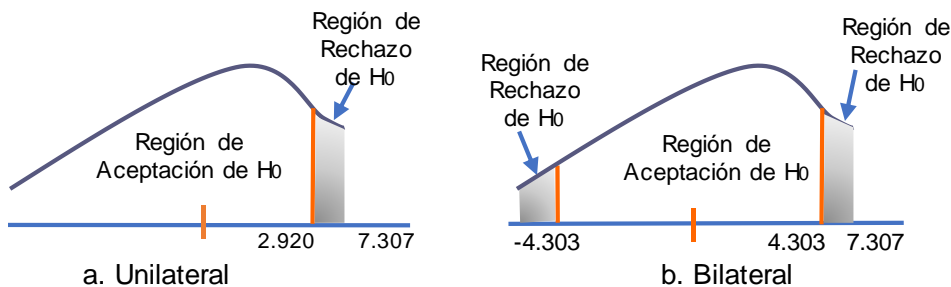
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 129

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-3/8" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 89

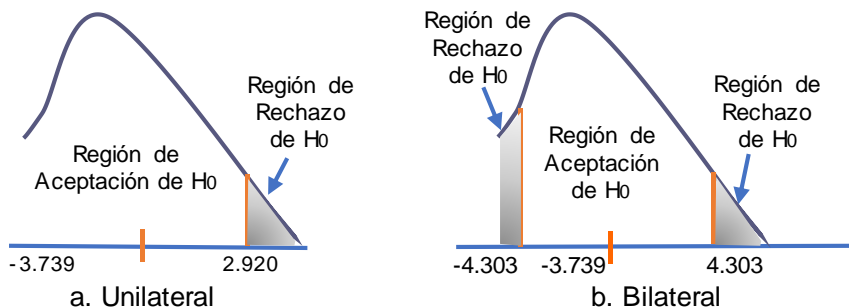
Prueba T-Student: Muestra del Empalme A-1/2" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Directa del Proceso GTAW	0.94
	0.88
	1.12
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	0.981
Desviación Estandar de los Datos: S	0.125
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	-3.7393
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.9677
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0647
Donde:	
Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$	
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$	
Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$	

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 130

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes A-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 90

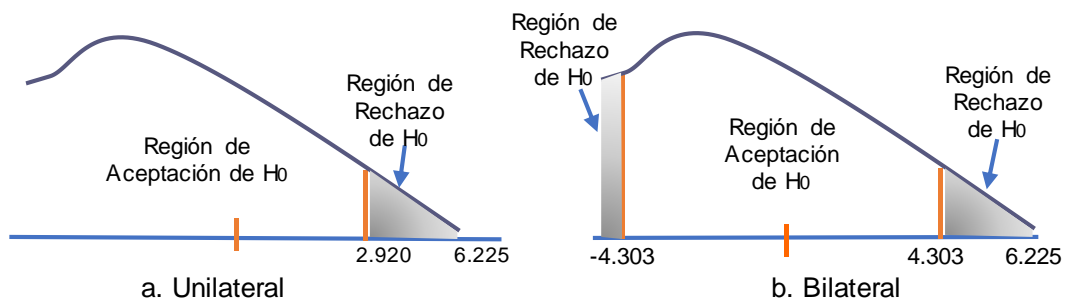
Prueba T-Student: Muestra del Empalme B-1/2" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Solape Directo del Proceso GTAW	1.60
	1.82
	1.63
Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.682
Desviación Estandar de los Datos: S	0.120
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	6.2250
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0124
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0248
Donde:	
Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$	
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$	
Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$	

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 131

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes B-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 91

Prueba T-Student: Muestra del Empalme C-1/2" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 2 Barras de 3/8" Como Cubrejuntas del Proceso GTAW	1.86
	1.64
	1.75

Prueba T-Student de Una Muestra	
Ítem	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.749
Desviación Estandar de los Datos: S	0.109
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	7.9388
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.9200
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.0077
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.0155

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

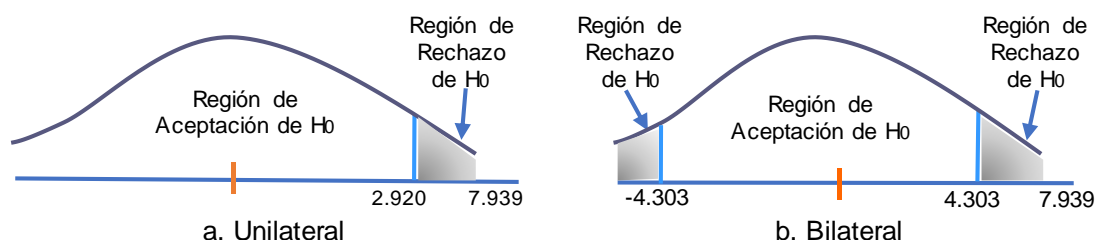
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 132

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes C-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

Tabla 92

Prueba T-Student: Muestra del Empalme D-1/2" (GTAW)

Datos de la Relación Entre el Esfuerzo de Tracción Máximo Actuante del Empalme (fu) y la Fluencia Especificada del Acero de Refuerzo (fy)	
Tipo de Empalme	fu/fy
Empalme Soldado de 1/2" de Junta a Tope Indirecta con 1	1.35
Ángulo Estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" Como Cubrejunta del	1.62
Proceso GTAW	1.12

Prueba T-Student de Una Muestra	
Item	Valor
Valor Hipotético de fu/fy (AWS D1.4): $\bar{\mu}$	1.25
Observaciones (n)	3
Media de los Datos: \bar{X}	1.362
Desviación Estandar de los Datos: S	0.249
Grados de libertad: gl = n-1	2
Nivel de Significancia (α)	0.05
Estadístico de Prueba:	0.78
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha):	2.92
p-valor de una cola (unilateral derecha)	0.2585
Estadístico t calculado (bilateral):	4.3027
p-valor de dos colas (bilateral)	0.5170

Donde:
 Estadístico de Prueba: $t = \frac{\bar{X} - \bar{\mu}}{S/\sqrt{n}}$

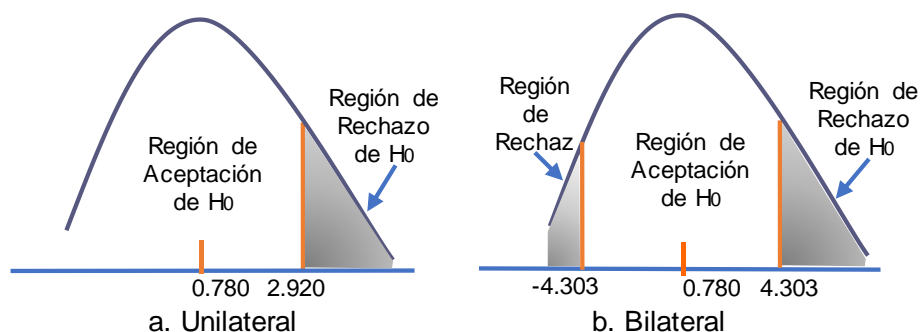
Estadístico t calculado (unilateral a la derecha) = $t_{(1-\alpha).(n-1)}$

Estadístico t calculado (bilateral) = $t_{(1-\frac{\alpha}{2}).(n-1)}$

Fuente: Propia. Erlin Smith Barreto Vega

Figura 133

Validación de Hipótesis: Muestra de Empalmes D-1/2" (GTAW)



Nota. La comprobación de Hipótesis es unilateral y bilateral, en el gráfico de distribución de probabilidad. La variable es la relación fu/fy. Fuente: Propia.

5.7.2.4. Regla de Decisión

La decisión se da de acuerdo a los parámetros estadísticos obtenidos, para cada muestra, diámetro de la barra principal y proceso de soldadura.

a. Variable: Esfuerzo Actante Máximo de Tracción “fu”

- **Muestra patrón de 3/8” y muestra de empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 4.303 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.956 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW), es mayor o igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW) no es mayor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-3/8” (SMAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 6446.04 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 627.612 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 3/8” ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -0.594 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.956 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -0.594 < t_{\text{crítico}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.613 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8” y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de

tracción, del empalme soldado B-3/8 – SMAW ($\bar{X} = 7369.68$ Kg/cm², $S = 437.838$ Kg/cm²) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7262.73$ Kg/cm², $S = 204.173$ Kg/cm²).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 0.443 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.65 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 0.443 < t_{\text{crítico}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.613 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8” y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso SMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-3/8 – SMAW ($\bar{X} = 7126.62$ Kg/cm², $S = 335.533$ Kg/cm²) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7262.73$ Kg/cm², $S = 204.173$ Kg/cm²).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$p\text{-valor} = 0.285 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8” y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (D-3/8, proceso SMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medianas de

las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado D-3/8 – SMAW ($Me=7350.24 \text{ Kg/cm}^2$), y de la barra patrón ($Me= 7350.24 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 9.754 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.995 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW), es mayor o igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso SMAW) no es mayor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-1/2" (SMAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 5099.66 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 492.278 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 1/2" ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 2.382 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.93 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 2.382 < t_{\text{crítico} (+)} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.14 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso SMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de

tracción, del empalme soldado B-1/2" – SMAW ($\bar{X} = 7149.15 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 118.332 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

p-valor = $0.109 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso SMAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medianas de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-1/2" – SMAW ($Me=7111.70 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($Me= 7593.30 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 0.989 > t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral), ó

p-valor = $0.787 > \alpha = 0.05$ (unilateral), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 0.989 < t_{\text{crítico} (+)} = 4.303$ (bilateral), ó

p-valor = $0.427 > \alpha = 0.05$ (bilateral)

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso SMAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado D-1/2" – SMAW ($\bar{X} = 7298.99 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 176.831 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 5/8” y Muestra de Empalmes soldados de 5/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 1/2” como cubrejuntas (C-5/8”, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -0.339 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.383 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -0.339 < t_{\text{crítico (+)}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.767 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 5/8” y de los empalmes soldados de 5/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 1/2” como cubrejuntas (C-5/8”, proceso SMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-5/8” – SMAW ($\bar{X} = 7610.64 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 139.748 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7558.61 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 148.027 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 3.139 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.956 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso GMAW), es mayor o igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso GMAW) no es mayor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-3/8” (GMAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 6241.87 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 394.572 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 3/8” ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -10.037 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.00489 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{calculado}} = -10.037 < t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.01 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8” y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW), es menor a cero”. Asimismo, existe evidencia estadística suficiente, de una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, de los empalmes soldados y de las barras patrón. Es decir, que la media de la resistencia de tracción de los empalmes soldados es mayor que el promedio de las barras patrón. De hecho, los empalmes soldados B-1/2” (GMAW), en promedio aumentaron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 8371.10 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 238.747 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 3/8" ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8” y Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -2.527 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0637 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -2.527 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.127 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece los siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8” y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia

estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-3/8 – GMAW ($\bar{X} = 7593.30 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 322.607 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8" y Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -2.396 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0694 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico}(-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -2.396 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.139 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8" y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GMAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-3/8 – GMAW ($\bar{X} = 8050.26 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 567.833 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 7.713 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral izquierda), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.992 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral izquierda), y}$$

$$t_{\text{crítico}(-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 7.713 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0164 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes

soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GMAW), es mayor a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GMAW) es menor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-1/2" (GMAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 4992.63 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 382.262 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 1/2" ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 0.901 > t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral izquierda), ó

$p\text{-valor} = 0.769 > \alpha = 0.05$ (unilateral izquierda), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 0.901 < t_{\text{crítico} (+)} = 4.303$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.462 > \alpha = 0.05$ (bilateral)

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GMAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado B-1/2" – GMAW ($\bar{X} = 7406.01 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 308.517 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$p\text{-valor} = 0.102 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como

cubrejuntas (C-1/2", proceso GMAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medianas de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-1/2" – GMAW ($Me=7352.50 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($Me= 7593.30 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -1.769 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.109 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -1.769 < t_{\text{crítico (+)}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.219 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral)}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece los siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2" y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GMAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado D-1/2" – GMAW ($\bar{X} = 7812.70 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 128.762 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8" y Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope directa (A-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 5.278 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral izquierda), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.983 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral izquierda), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico (+)}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 5.278 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.034 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece los siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes

soldados de 3/8" de junta a tope directa (A-3/8", proceso GTAW), es mayor a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 3/8" de junta a tope directa (A-3/8", proceso GTAW) es menor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-3/8" (GTAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 6066.86 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 364.303 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 3/8" ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8" y Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

p-valor = $0.102 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "La mediana de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8" y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8", proceso GTAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medianas de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado B-3/8" – GTAW ($Me=8546.11 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($Me= 7350.24 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8" y Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = -6.425 < t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral izquierda), ó

p-valor = $0.0117 < \alpha = 0.05$ (unilateral izquierda), y

$t_{\text{calculado}} = -6.425 < t_{\text{crítico}(-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303$ (bilateral), ó

p-valor = $0.023 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8" y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GTAW), es menor a cero". Asimismo, existe evidencia

estadística suficiente, de una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, de los empalmes soldados y de las barras patrón. Es decir, que la media de la resistencia de tracción de los empalmes soldados es mayor que el promedio de las barras patrón. De hecho, los empalmes soldados C-3/8" (GTAW), en promedio aumentaron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 8254.43 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 343.881 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 3/8" ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 3/8" y Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -1.628 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral izquierda), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.123 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral izquierda), y}$$

$$t_{\text{crítico}(-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -1.628 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.139 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 3/8" y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GTAW), es igual a cero". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-3/8 – GTAW ($\bar{X} = 8040.54 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 661.49 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7262.73 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 204.173 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2" y Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 8.357 > t_{\text{crítico}} = -2.92 \text{ (unilateral izquierda), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.993 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral izquierda), y}$$

$$t_{\text{crítico}(-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}(+)} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 8.357 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.014 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a tope directa (A-1/2”, proceso GTAW), es mayor a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 1/2” de junta a tope directa (A-1/2”, proceso GTAW) es menor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados A-1/2” (GTAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 4120.40 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 523.239 \text{ Kg/cm}^2$) respecto a las barras patrón de 1/2” ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2” y Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a solape directo (B-1/2”, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 1.578 > t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral izquierda), ó

$p\text{-valor} = 0.872 > \alpha = 0.05$ (unilateral izquierda), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 1.578 < t_{\text{crítico} (+)} = 4.303$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.255 > \alpha = 0.05$ (bilateral)

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2” y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a solape directo (B-1/2”, proceso GTAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado B-1/2” – GTAW ($\bar{X} = 7063.53 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 504.60 \text{ Kg/cm}^2$) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33 \text{ Kg/cm}^2$, $S = 186.064 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Muestra Patrón de 1/2” y Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas (C-1/2”, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 0.559 > t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral izquierda), ó

$p\text{-valor} = 0.684 > \alpha = 0.05$ (unilateral izquierda), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 0.559 < t_{\text{crítico} (+)} = 4.303$ (bilateral), ó

p-valor = 0.632 > $\alpha = 0.05$ (bilateral)

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2” y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas (C-1/2”, proceso GTAW), es igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, de que, no hay una diferencia significativa en las medias de las resistencias máximas actuantes de tracción, del empalme soldado C-1/2” – GTAW ($\bar{X} = 7347.15$ Kg/cm², $S = 457.548$ Kg/cm²) y de la barra patrón ($\bar{X} = 7502.33$ Kg/cm², $S = 186.064$ Kg/cm²).

- **Muestra Patrón de 1/2” y Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1 ¼”x1 ¼”x3/16” como cubrejunta (D-1/2”, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 3.414 > t_{\text{crítico}} = -2.92$ (unilateral), ó

p-valor = 0.962 > $\alpha = 0.05$ (unilateral), y

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las diferencias entre las resistencias máximas actuantes de tracción de las barras patrón de 1/2” y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 1¼”x1¼”x3/16” como cubrejunta (D-1/2”, proceso GTAW), es mayor o igual a cero”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, la resistencia máxima actuante de tracción del empalme soldado de 1/2” es menor a la correspondiente de la barra patrón. De hecho, los empalmes soldados D-1/2” (GTAW), en promedio, disminuyeron su resistencia de tracción ($\bar{X} = 5720.39$ Kg/cm², $S = 1044.505$ Kg/cm²) respecto a las barras patrón de 1/2” ($\bar{X} = 7502.33$ Kg/cm², $S = 186.064$ Kg/cm²).

5.7.2.4.1. Análisis T- Student de la Media Poblacional: Variable = fu/fy

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 3.3 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0404 \leq \alpha = 0.05$ (unilateral derecha).

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones fu/fy de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW), es mayor que 1.25”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado de 3/8” de junta a tope directa (A-3/8, proceso SMAW) cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, los empalmes soldados A-3/8” (SMAW), poseen una relación fu/fy promedio ($\bar{X}=1.53$, $S = 0.15$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 8.385 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.007 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 8.385$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0139 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones fu/fy de los empalmes soldados de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW), es mayor que 1.25”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado de 3/8” de junta a solape directo (B-3/8, proceso SMAW) cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, los empalmes soldados A-3/8” (SMAW), poseen una relación fu/fy promedio ($\bar{X}=1.75$, $S = 0.10$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 9.687 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0052 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 9.687$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0139 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso SMAW), es mayor que 1.25”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-3/8 del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X} = 1.697$, $S = 0.08$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 21.358 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0011 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 21.358 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0022 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejuntas (D-3/8, proceso SMAW), es mayor que 1.25”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado D-3/8 del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X} = 1.771$, $S = 0.042$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a tope directa (A-1/2”, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = -0.529 < t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.675 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha)}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -0.529 < t_{\text{crítico}} = -4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.6497 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a tope directo (A-1/2”, proceso SMAW), es igual a 1.25”. Sin embargo, los empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X}=1.214$, $S=0.117$) menor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4). No obstante, existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado A-1/2” del proceso SMAW, tiene una relación f_u/f_y promedio igual a 1.25, y que cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4.

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a solape directo (B-1/2”, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 27.798 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0006 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 27.798$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0013 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2” de junta a solape directo (B-1/2”, proceso SMAW), es mayor que 1.25”. Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado B-1/2” del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X}=1.702$, $S=0.028$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2” de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas (C-1/2”, proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 8.945 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0061 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 8.945$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0123 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de

los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso SMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-1/2" del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación fu/fy ($\bar{X} = 1.686$, $S = 0.084$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 20.07 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0012 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 20.07 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0025 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones fu/fy de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso SMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado D-1/2" del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación fu/fy ($\bar{X} = 1.738$, $S = 0.042$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 5/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas (C-5/8", proceso SMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 29.258 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0006 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 29.258 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0012 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones fu/fy de los empalmes soldados de 5/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 1/2" como cubrejuntas (C-5/8", proceso SMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe

evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-5/8" del proceso SMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.812$, $S = 0.033$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope directa (A-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 4.354 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0245 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 4.354 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0489 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope directo (A-3/8", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado A-3/8" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.486$, $S = 0.094$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 22.643 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.001 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 22.643 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0019 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado B-3/8" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una

relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.993$, $S = 0.057$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 12.581 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0031 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 12.581 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0063 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-3/8" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.808$, $S = 0.077$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con un 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 8.542 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0067 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 8.542 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0134 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 1 ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado D-3/8" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS

D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.917$, $S = 0.135$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = -1.166 < t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.8181 > \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -1.166 < t_{\text{crítico}} = 4.303$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.3638 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directo (A-1/2", proceso GMAW), es igual a 1.25". Sin embargo, los empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X} = 1.189$, $S = 0.091$) menor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4). No obstante, existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado A-1/2" del proceso GMAW, tiene una relación f_u/f_y promedio igual a 1.25, y que cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4.

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 12.104 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0034 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 12.104$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0068 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado B-1/2" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una

relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.763$, $S = 0.073$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 14.254 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0024 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 14.254$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0049 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-1/2" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.742$, $S = 0.06$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GMAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 34.472 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0004 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 34.472$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0008 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado D-1/2" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De

hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X}=1.86$, $S = 0.031$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope directa (A-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 3.884 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0302 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 3.884 < t_{\text{crítico}} = 4.303$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0604 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope directo (A-3/8", proceso GTAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado A-3/8" del proceso GTAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X}=1.444$, $S = 0.087$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 8.761 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0064 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico} (-)} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 8.761$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0128 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a solape directo (B-3/8", proceso GTAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado B-3/8" del proceso GTAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una

relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.961$, $S = 0.141$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 15.133 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0022 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 15.133$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0043 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con 2 barras de 8mm como cubrejuntas (C-3/8", proceso GTAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-3/8" del proceso GTAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.965$, $S = 0.082$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8, proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 7.307 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0091 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 7.307$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0182 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: “El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 3/8" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta (D-3/8", proceso GTAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado D-3/8" del proceso GTAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y (\bar{X}

=1.914, $S = 0.157$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directa (A-1/2", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = -3.74 < t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.9677 > \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{calculado}} = -3.74 < t_{\text{crítico}} = 4.303$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0647 > \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope directo (A-1/2", proceso GTAW), es igual a 1.25". Sin embargo, los empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X} = 0.981$, $S = 0.125$) menor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4). No obstante, existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado A-1/2" del proceso GTAW, tiene una relación f_u/f_y promedio igual a 1.25, y que cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4.

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$t_{\text{calculado}} = 6.225 > t_{\text{crítico}} = 2.92$ (unilateral derecha), ó

$p\text{-valor} = 0.0124 < \alpha = 0.05$ (unilateral derecha), y

$t_{\text{crítico}} (-) = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 6.225$ (bilateral), ó

$p\text{-valor} = 0.0248 < \alpha = 0.05$ (bilateral),

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a solape directo (B-1/2", proceso GTAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado B-1/2" del proceso GTAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.682$, $S = 0.12$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 7.939 > t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0077 < \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{crítico}} = 4.303 < t_{\text{calculado}} = 7.939 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.0155 < \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con 2 barras de 3/8" como cubrejuntas (C-1/2", proceso GMAW), es mayor que 1.25". Es decir, que existe evidencia estadística suficiente, para decir que, el empalme soldado C-1/2" del proceso GMAW, cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. De hecho, dichos empalmes soldados, poseen en promedio una relación f_u/f_y ($\bar{X} = 1.749$, $S = 0.109$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4).

- **Muestra de Empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GTAW).**

Regla de Decisión:

Dado que;

$$t_{\text{calculado}} = 0.78 < t_{\text{crítico}} = 2.92 \text{ (unilateral derecha), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.259 > \alpha = 0.05 \text{ (unilateral derecha), y}$$

$$t_{\text{crítico (-)}} = -4.303 < t_{\text{calculado}} = 0.78 < t_{\text{crítico}} = 4.303 \text{ (bilateral), ó}$$

$$p\text{-valor} = 0.517 > \alpha = 0.05 \text{ (bilateral),}$$

Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que establece lo siguiente: "El promedio de las relaciones f_u/f_y de los empalmes soldados de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta (D-1/2", proceso GTAW), es igual a 1.25". Sin embargo, los empalmes soldados, poseen una relación f_u/f_y promedio ($\bar{X} = 1.362$, $S = 0.249$) mayor que 1.25 (valor hipotético del requisito mínimo del AWS D1.4). No obstante, la evidencia estadística indica que, el empalme soldado D-1/2" del proceso GTAW, tiene una relación f_u/f_y promedio solo igual y no mayor que 1.25, y que cumple con el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4.

CAPÍTULO VI.

DISCUSIÓN

6.1. Discusión de Resultados del Ensayo de Tracción

6.1.1. Análisis de Resultados de las Varillas de Control

Del análisis estadístico descriptivo efectuado según la Tabla 37 y según el gráfico de barras de la Figura 72, para el total de varillas patrón ensayadas, el valor mínimo del esfuerzo máximo de tracción es 7029.39 kgf/cm², que es mayor a 6320 Kgf/cm² (valor mínimo nominal de la resistencia a la tracción especificado por la ASTM A615/A615M Grado 60), lo que indica que en el ámbito nacional se lleva un control de calidad de producción adecuado para las varillas de acero de refuerzo de la casa SIDER PERÚ. Mientras que, el valor máximo es 7659.21Kgf/cm², el cual no tiene un límite de acuerdo a la Norma. Así mismo, la Tabla 37 muestra las medidas descriptivas por cada diámetro, al ser esta un indicador que diferencia una de la otra a las muestras de empalmes soldados. Las varillas de diámetros de 3/8", 1/2" y 5/8" presentan resistencias a la tracción con medias de 7262.73 kgf /cm², 7502.33 kgf /cm² y 7558.61 kgf /cm² respectivamente; superiores al mínimo especificado por la ASTM A615/A615M Grado 60 en un 13 %, 16% y 17% aproximadamente. Dichos datos sirvieron de control y comparación de las resistencias de tracción frente a los empalmes soldados. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Lobos (2013), aunque hay una diferencia relativamente mayor a los resultados de Díaz (2014). Por otra parte, la Figura 71 indica que, las muestras patrón superan el valor mínimo para la relación f_u/f_y indicado por la AWS D1.4 (requisito adoptado para el empalme soldado).

Respecto a la variabilidad de las resistencias a tracción de las varillas patrón, en la Tabla 42 se observa que los coeficientes de variación (CV) son menores a la unidad en todos los casos, lo que significa homogeneidad en los datos. Asimismo, todos los valores de CV son menores que 0.33, lo cual indica una aproximación inicial de la normalidad en la población. La mayor dispersión de resultados se presenta para la muestra de varillas de 3/8" con un CV igual a 0.028, y la menor dispersión la tiene

la muestra de 5/8” al tener un CV de 0.020. Mientras que, para todas las varillas patrón, el valor de CV es de 0.028.

6.1.2. Interpretación de las Curvas de Esfuerzo-Deformación

Las curvas de esfuerzo-deformación unitaria evidencian discrepancias que se atribuyen a la falta de ajuste de la ecuación de Hollomon, ya que se tienen datos reales. Por consiguiente, se ajusta aproximadamente por separado, la zona elástica y la zona plástica. El ajuste de la zona elástica muestra la forma $Y=AX+B$, donde la constante B evidencia que los datos son reales y que existe dispersión, lo cual es razonable. Sin embargo, dicha constante se puede despreciar, por tener un valor significativamente menor a los demás parámetros de la zona elástica. En tanto que, la zona plástica de la curva real se ajusta con la ecuación potencial, mostrando poca dispersión en las probetas dúctiles. Sin embargo, no se ajusta en el caso de los empalmes a tope directo, los cuales presentaron menor ductilidad.

La Figura 46 muestra la curva convencional de esfuerzo-deformación unitaria para la varilla patrón de 1/2”, con una zona elástica, la plataforma de fluencia y toda la zona plástica. La curva indica que la varilla mostró alta deformación y por consiguiente una alta ductilidad, y alta tenacidad por tener un área considerable debajo de la curva. Igualmente, la Figura 47 para la varilla patrón de 5/8” muestra todas las zonas típicas de un material dúctil. Sin embargo, esta última, evidencia que, la varilla mostró mayor ductilidad, tenacidad y mayor endurecimiento ($f_u/f_{y_{real}}$). Ambas figuras son la base o control para la comparación en cuanto a la ductilidad que presentó el empalme soldado. Asimismo, se compara la tenacidad, el cual es importante, puesto que, “es una propiedad que debe poseer el acero de refuerzo para desempeñarse satisfactoriamente en estructuras de diseño sismo resistente, puesto que influye directamente en el desempeño a la fatiga de bajo ciclaje producido durante los eventos sísmicos” (Novacero, 2017).

En las curvas de esfuerzo-deformación unitario de la Figura 48 para el empalme de 3/8” de junta a tope directo del proceso SMAW, y la Figura 55 para el proceso GMAW, la zona plástica se ajusta mejor con una ecuación polinómica que con la ecuación potencial. Las gráficas muestran que los empalmes soldados a tope directo presentaron menor deformación y por tanto menor ductilidad. Adicionalmente, dichas gráficas, evidencian de la menor resistencia a la tracción, pero límites de fluencia similares a las barras patrón. En consecuencia, estos empalmes presentaron menor tenacidad y endurecimiento. Incluso la Figura 59, evidencia que el empalme de

1/2" a tope directo del proceso GMAW posee aún una menor tenacidad. Asimismo, se observa que, la zona de fluencia plástica no está bien definida. Resultados que concuerdan con Cervera y Blanco (2015), quienes indican que en los materiales frágiles no se presenta una zona de fluencia bien definida y rompen con poca deformación y bruscamente. Mientras que, la Figura 52, Figura 63 y Figura 67, muestran que, para los empalmes de junta a tope directo, las zonas plásticas son prácticamente inexistentes. En consecuencia, la soldadura a tope directo hace que el empalme tenga un comportamiento frágil, lo cual es inadecuado para la seguridad de las estructuras.

En relación a las probetas patrón de 1/2" y 5/8", para el empalme de 3/8" a solape del proceso SMAW, la Figura 49 demuestra que, poseen menor deformación y por ende menor ductilidad. Así mismo, la figura indica que, la probeta presentó menor tenacidad y endurecimiento. Sin embargo, se observa una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica. En consecuencia, según Cervera y Blanco (2015), dicho empalme tiene comportamiento dúctil, aunque en menor medida que las barras patrón.

En relación a las probetas patrón de 1/2" y 5/8", el empalme de 3/8" a solape del proceso GMAW, en la Figura 56 demuestra que, obtuvo menor deformación y por ende menor ductilidad. Incluso la ductilidad es menor que la correspondiente al proceso SMAW. En consecuencia, según Cervera y Blanco (2015), "al tener poca deformación, se podría decir que tiene comportamiento frágil". Así mismo la probeta presenta menor tenacidad y un endurecimiento similar a barra de 1/2". Sin embargo, se observa una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica.

En relación a las probetas patrón de 1/2" y 5/8", la Figura 60 del empalme de 1/2" a solape del proceso GMAW, demuestra que, posee menor ductilidad y tenacidad, pero un endurecimiento similar a barra de 1/2". Asimismo, se observa una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica. Sin embargo, según Cervera y Blanco (2015), "al tener deformaciones pequeñas, podríamos afirmar que dicho empalme tiene comportamiento frágil".

En relación a las probetas patrón de 1/2" y 5/8", la Figura 64 y Figura 68 de los empalmes a solape de 3/8" y 1/2" del proceso GTAW, demuestran que, poseen menor ductilidad, tenacidad, y endurecimiento. Asimismo, se observa la zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica. Sin embargo, según Cervera y Blanco, "al tener

deformaciones pequeñas, podríamos afirmar que dicho empalme tiene comportamiento frágil”.

La Figura 50 y Figura 57 demuestran que los empalmes de 3/8” de junta a tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas del proceso SMAW y GMAW respectivamente, presentaron menor ductilidad y tenacidad. El endurecimiento es menor para la probeta SMAW que las barras patrón de 1/2” y 5/8”. Mientras que, el endurecimiento para la probeta GMAW es similar a la barra patrón de 1/2”. Sin embargo, se observa una clara “(...) zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, que son las partes definidas en un material dúctil” (Cervera y Blanco, 2015), por eso decimos que dicho empalme tiene comportamiento dúctil, aunque en menor medida que las barras patrón.

En relación a las probetas patrón de 1/2” y 5/8”, el empalme de 3/8” de junta a tope indirecta con 2 barras de 8mm como cubrejuntas del proceso GTAW, en la Figura 65 demuestra que, obtuvo menor deformación y por ende menor ductilidad. Incluso la ductilidad es menor que la correspondiente al proceso SMAW y GTAW. En consecuencia, según Cervera y Blanco (2015), “al tener poca deformación, se podría decir que tiene comportamiento frágil”. Así mismo la probeta presenta menor tenacidad y un endurecimiento similar a barra de 1/2”. Sin embargo, se observa una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica.

La Figura 61 y Figura 69 demuestran que los empalmes de 1/2” de junta a tope indirecta con 2 barras de 3/8” como cubrejuntas del proceso GMAW y GTAW respectivamente, presentan una ductilidad y tenacidad ligeramente menor que la barra patrón de 1/2”. Mientras que el endurecimiento es similar a la barra patrón de 1/2”. Sin embargo, se observa una clara “(...) zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, que son las partes definidas en un material dúctil” (Cervera y Blanco, 2015), por eso decimos que dichos empalmes tienen comportamientos dúctiles, aunque ligeramente menor que las barras patrón.

La Figura 51 y Figura 53 demuestran que los empalmes de 3/8” y 1/2” de junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso SMAW, presentan una ductilidad, tenacidad y endurecimiento similares a la barra patrón de 1/2”. Asimismo, se observa una clara “(...) zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, que son las partes definidas en un material dúctil” (Cervera y Blanco, 2015), por eso decimos que, dichos empalmes tienen comportamientos dúctiles, semejantes a las barras patrón.

En relación a las probetas patrón de 1/2" y 5/8", el empalme de 3/8" de junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GMAW, en la Figura 58 demuestra que, obtuvo menor deformación y por ende menor ductilidad. Asimismo, según, Cervera y Blanco (2015), "una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, son las partes definidas en un material dúctil", por eso decimos que dichos empalmes tienen comportamientos dúctiles, aunque ligeramente menores en magnitud que las barras patrón. Asimismo, la probeta presenta una tenacidad similar a la barra patrón y un endurecimiento ligeramente menor.

La Figura 62 demuestra que el empalme de 1/2" de junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GMAW, presenta una ductilidad, tenacidad y endurecimiento similares a la barra patrón de 1/2". Asimismo, según, Cervera y Blanco (2015), "una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, son las partes definidas en un material dúctil", por eso decimos que, dichos empalmes tienen comportamientos dúctiles, semejantes a las barras patrón.

En la Figura 66 del empalme de 3/8" de junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GTAW, se muestra que, obtuvo menor deformación y por ende menor ductilidad. Asimismo, según, Cervera y Blanco (2015), "una clara zona elástica, plataforma de fluencia, y zona plástica, son las partes definidas en un material dúctil", por eso decimos que, dichos empalmes tienen comportamientos dúctiles, aunque ligeramente menores en magnitud que las barras patrón. Asimismo, la probeta presenta una tenacidad y endurecimiento similares a la barra patrón.

En la curva de esfuerzo-deformación unitario de la Figura 70 para el empalme de 1/2" de junta a tope indirecto con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso GTAW, indica que, la zona elástica y plástica se ajustan mejor con una sola ecuación polinómica. La gráfica muestra que, la probeta presentó una deformación mucho menor que la barra patrón. Adicionalmente, la curva muestra de la menor resistencia a la tracción, tenacidad y endurecimiento que las barra patrón. Asimismo, se observa que, la zona de fluencia plástica no está bien definida, y que la zona plástica es prácticamente nula. Resultados que concuerdan con Cervera y Blanco (2015) para materiales frágiles, quienes indican que, "no se presenta una zona de fluencia bien definida, que rompen con poca deformación y bruscamente". En consecuencia, este empalme presenta un comportamiento frágil, lo cual es inadecuado para la seguridad de las estructuras.

6.1.3. *Análisis de Resultados de las Varillas Soldadas*

En la Tabla 38 se observa las medidas descriptivas por cada proceso de soldadura, tipo de junta y diámetro, al ser estas, indicadores que diferencian a las muestras de empalmes soldados. Todas las muestras a excepción de los empalmes de 3/8" de junta a tope directa de los procesos GMAW y GTAW, los empalmes de 1/2" de todos los procesos y el empalme de 1/2" de junta a tope indirecta con 1 ángulo estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" como cubrejunta, presentan resistencias a la tracción con medias superiores al mínimo especificado por la ASTM A615/A615M Grado 60. Adicionalmente, en los gráficos de barras de la Figura 74, Figura 76 y Figura 78, se observa que la mayoría de especímenes de los empalmes de junta a tope directa de todos los procesos y los del tipo de junta a tope indirecta con 1 ángulo estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" como cubrejunta del proceso GTAW, no obedecen a la Norma en cuanto a la resistencia mínima de tracción. En cuanto a la relación entre el esfuerzo actuante máximo de tracción (f_u) y el esfuerzo de fluencia especificado (f_y), la Tabla 39 indica que, la media de f_u/f_y de todas las muestras (a excepción de los empalmes de 1/2" de junta a tope directa), superan el valor mínimo indicado por la AWS D1.4 (requisito adoptado para el empalme soldado). Asimismo, en el gráfico de barras mostrado en la Figura 73, Figura 75 y Figura 77, se observa que solo 2 especímenes del proceso SMAW, 2 especímenes del proceso GMAW y los 3 especímenes GTAW, de la muestra de 1/2" de junta a tope directa, no cumplen con la norma AWS D1.4.

Respecto a la variabilidad de los esfuerzos de tracción de las varillas soldadas, la Tabla 43 señala que, en todas las muestras, los coeficientes de variación (CV) fueron menores a la unidad, lo que significó homogeneidad en los datos. Asimismo, todos los valores de CV son menores que 0.33, lo cual indica una aproximación inicial de la normalidad en la población. La mayor dispersión de resultados se presenta para las muestras de empalmes de 1/2" de junta a tope directo del proceso GTAW, con un CV igual a 0.127, y para la muestra de empalmes de 1/2" de junta a tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta con un CV de 0.183. Mientras que, la menor dispersión la tiene la muestra de empalmes de 1/2" de junta a tope indirecta con 1 ángulo estructural como cubrejunta del proceso GMAW, al tener un CV de 0.016. Asimismo, la Tabla 44, indica los mismos resultados que la Tabla 43, ya que, en la relación f_u/f_y , el valor de f_y es constante para todos los especímenes, y tiene un valor especificado de 4200 Kg/cm².

Como se mencionó con anterioridad, los valores de la tabla Tabla 45 del contraste de Shapiro- Wilks, indican que, se acepta la normalidad para las variables esfuerzo actuante máximo de tracción (f_u) y para la relación f_u/f_y , al presentar un p-valor superior a 0.05 para todas las muestras analizadas. Mientras que, para la variable diferencia de esfuerzos entre la varilla patrón y el empalme soldado ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$), la Tabla 46, indica valores del contraste de Shapiro- Wilks, que se acepta la normalidad ($p\text{-valor} > 0.05$) para todas las parejas de muestras a comparar, a excepción de los pares que tienen las siguientes muestras experimentales: empalmes soldados de 3/8” de junta a tope indirecta con un ángulo estructural como cubrejunta del proceso SMAW, empalmes de 1/2” de junta a tope indirecta con varillas cubrejunta del proceso SMAW y empalmes a solape de 3/8” del proceso GMAW.

Respecto a la forma de la curva de distribución normal, los valores de asimetría para las variables f_u y f_u/f_y indicados en la Tabla 45 no muestran un comportamiento definido, oscilando desde -1.713 hasta 1.699 . Asimismo, para la variable diferencia ($f_{u_{patrón}} - f_{u_{emp.soldado}}$), Tabla 46, indica valores que varían de -1.732 a 1.732 .

6.1.4. Análisis de los Resultados de la Rotura de Tracción

6.1.4.1. Empalmes con Junta a Tope Directo

Respecto a los empalmes a tope directo, la Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36, señalan que, las roturas se dieron en la soldadura, presentando así, resistencias en la junta menores a la varilla y fracturas frágiles. Según Novacero (2017), “los defectos que perjudican la resistencia y/o ductilidad son porosidades, fisuras, falta de penetración de la soldadura, fusión incompleta, escoria atrapada, biseles mal cortados, relleno insuficiente o excesivo, entre otros”. Al respecto, se observa después del ensayo, que en algunas juntas hay porosidad, al cual se le atribuye la rotura. Sin embargo, en otros casos no se presenta este defecto, atribuyendo la rotura a otros factores como los mencionados en el manual de Navacero. Asimismo, se observa en todos los casos que, el tipo de falla es plana y perpendicular a la dirección de la carga, lo cual indica una rotura con un comportamiento frágil (Suarez, 2013).

Sin embargo, se pudo obtener resultados satisfactorios en cuanto a la resistencia, si el procedimiento de elaboración fuera aún más riguroso según la AWS D1.4. Un factor que se cumplió fue el uso de material de relleno con una resistencia mayor o igual al acero base, para las juntas del proceso SMAW, aun así, los empalmes no muestran resultados satisfactorios. Posiblemente, la elaboración de estos especímenes no fue tan radical respecto a otros factores, como el incumplimiento de

las recomendaciones de operación del fabricante del material de relleno ó la falta de limpieza en la junta. Incluso se puede afirmar que, el material base no fue el adecuado para la soldadura en este tipo de juntas, ya que Otazzi (2004), afirma que, “este acero de refuerzo al tener un carbono equivalente mayor a 0.5%, es no soldable, con alta probabilidad de fragilización en la junta”, y según el manual de Novacero (2017), más complejo será el proceso de soldadura. Otazzi, indica que, “en la soldadura de este acero, se deben usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno, como el E-7018 o E-8018”. Sin embargo, en estas juntas se usaron otros electrodos para el material de relleno, que también podría ser una de las causas atribuibles a los resultados desfavorables.

6.1.4.2. Empalmes con Junta a Solape Directo

La Tabla 34 y Tabla 35, señalan que, en los procesos SMAW y GMAW respectivamente, las roturas en estos empalmes, en su mayoría, se dieron en el límite de la junta, mientras que la Tabla 36, indica que, en el proceso GTAW hay un número de roturas considerable con posición en la zona de la junta (todos los empalmes de 3/8”). Es importante señalar que, el manual de Novacero (2017), afirma que, el acero de refuerzo microaleado (como es caso del ASTM A706) “*puede producir juntas soldadas de alto desempeño y gran seguridad ya que, a diferencia de otros aceros, es menos susceptible de modificar sus propiedades mecánicas por las altas temperaturas generadas en los procesos de soldadura*” (p.1). Asimismo, sabemos que, el acero utilizado en esta investigación (ASTM A615 Grado 60), no es microaleado (según la especificación de la casa SIDER PERÚ), por lo cual, las propiedades mecánicas pudieron verse afectadas por el calor generado, ocasionando cambios en la microestructura martensítica del borde, pudiendo ser la razón de la zona de rotura en la varilla (límite de la junta soldada y en la misma junta).

Asimismo, se observa en todos los casos del proceso SMAW y la mayoría de probetas de los procesos GMAW y GTAW, que el tipo de falla es del tipo cónica, lo cual indica una rotura con un comportamiento dúctil (Suarez, 2013). Sin embargo, los especímenes N° 2 de 1/2" de los procesos GMAW y GTAW, presentan la falla del tipo plana y perpendicular a la dirección de la carga, indicando una rotura frágil (Suarez, 2013). Asimismo, el espécimen N° 3 de 1/2" del proceso GTAW, muestra desprendimiento de las varillas, con una evidente falla frágil, que podría atribuirse a un deficiente procedimiento de soldadura que no fue riguroso según la AWS D1.4. Por otra parte, las tablas muestran que los especímenes 1 y 2 de 3/8" del proceso SMAW

y el espécimen 1 de 1/2" del proceso GMAW, rompieron en la zona de la varilla alejada de la junta soldada, con roturas cónicas, mostrando evidentemente un comportamiento similar a la varilla de control en cuanto a resistencia y ductilidad, donde podríamos afirmar que, el calor generado en los procesos de soldadura no afecta significativamente.

6.1.4.3. Empalmes con Junta a Tope indirecta con 2 varillas como cubrejuntas

La Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36, señalan que, en todos los especímenes del proceso SMAW, casi todas las probetas del proceso GMAW (a excepción del espécimen 2 de 3/8") y en el 50% de especímenes del proceso GTAW (especimen 1 y 2 de 3/8", y la probeta 3 de 1/2") , las roturas se dieron en la zona de la varilla sin soldadura, alejado de la junta, mostrando evidentemente un comportamiento similar a la varilla de control en cuanto a resistencia y ductilidad, donde podríamos afirmar que, el calor generado en los procesos de soldadura no tuvo un efecto. Mientras que, el espécimen 2 de 3/8" del proceso GMAW y los especímenes 3 de 3/8", 1 y 2 de 1/2" del proceso GTAW, mostraron roturas posicionadas en la zona de la junta, y al igual que el caso de juntas a solape, las propiedades mecánicas pudieron verse afectadas por el calor generado, pudiendo ser la razón de la zona de rotura.

Asimismo, se observa en todos los casos del proceso SMAW y la mayoría de probetas de los procesos GMAW y GTAW, que, el tipo de falla es del tipo cónica, indicando una rotura dúctil (Suarez, 2013). Sin embargo, el espécimen 2 de 3/8" del proceso GMAW, presenta la falla del tipo plana y perpendicular a la dirección de la carga, indicando una rotura frágil (Suarez, 2013). Por otra parte, los especímenes 1 y 2 de 1/2" del proceso GTAW, muestran desprendimiento de las varillas y la cubrejunta, con una evidente falla frágil, que podría atribuirse a un deficiente procedimiento de soldadura que no fue riguroso según la AWS D1.4.

6.1.4.4. Empalmes con Junta a Tope Indirecta con Ángulo Cubrejunta.

La Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36, señalan que, en todos los especímenes del proceso SMAW, en el 60% de especímenes del proceso GMAW (especimen 3 de 3/8" y especímenes de 1/2"), y en el 50% de especímenes del proceso GTAW (especímenes de 3/8"), las roturas se dieron en la zona de la varilla sin soldadura, alejado de la junta, y el tipo de falla es del tipo cónica, indicando una rotura dúctil (Suarez, 2013). En consecuencia, en estos empalmes se muestra evidentemente un comportamiento similar a la varilla de control en cuanto a resistencia y ductilidad. Sin embargo, los especímenes 1 y 2 de 3/8" del proceso GMAW y los especímenes 1 y 3 de 1/2" del

proceso GTAW, muestran desprendimiento de las varillas y la cubrejunta, con una evidente falla frágil, que podría atribuirse a un deficiente procedimiento de soldadura y que no fue riguroso según la AWS D1.4. En cambio, el espécimen 2 de 1/2" del proceso GTAW muestra rotura debido a las fisuras en la soldadura, que también pudo deberse a un ineficaz proceso de soldadura.

6.1.5. Discusión de Resultados de los Esfuerzos Actuantes en las Cubrejuntas.

La Tabla 25 hasta la Tabla 33, muestran el cálculo teórico para los esfuerzos actuantes en las varillas que cumplen la función de cubrejunta en los empalmes soldados del tipo C, y en los ángulos estructurales que tienen la función de cubrejunta de los empalmes del tipo D. Cabe destacar que, el cálculo teórico muestra la presencia de momentos flectores en dos direcciones, los cuales se consideran en el esfuerzo total actuante sobre el ángulo estructural. Solo se hizo un análisis estadístico descriptivo para la variable “esfuerzo total máximo actuante” indicado en la tabla Tabla 41, por cada proceso de soldadura, tipo de junta y diámetro, ya que son indicadores que diferencian a las muestras de empalmes soldados.

6.1.5.1. Análisis en las Varillas de Acero Como Cubrejunta

En la Tabla 41 se observa que, todas las muestras presentaron esfuerzos actuantes de tracción, con medias que superaron el esfuerzo mínimo de fluencia especificado por la ASTM A615/A615M Grado 60 (f_y). Asimismo, la media supera el esfuerzo de tracción mínimo especificado por la norma ($f_{u_{esp}}$) solo en las varillas cubrejuntas de 3/8". Adicionalmente, en la Figura 82, indica que, para el proceso SMAW, solo en las varillas cubrejuntas de los especímenes 2 y 3 (empalme del tipo C-1/2") se excede el valor de $f_{u_{esp}}$. Mientras que, para los procesos GMAW y GTAW, la Figura 84 y Figura 86, indican respectivamente que, solo los especímenes de la muestra de empalmes C-1/2" exceden el valor de $f_{u_{esp}}$. Asimismo, se observa que, en todas las cubrejuntas, los esfuerzos superan el valor de f_y . Es importante señalar que, no se puede decir que estas varillas cumplen o no con la norma, ya que, no llegaron a la rotura y que el ASTM A615 Grado 60, no indica valores límites máximos. De igual forma, no se puede decir que dichas varillas llegaron a la fluencia o no, ya que no se tiene un gráfico de esfuerzo-deformación.

6.1.5.2. Análisis en los Ángulos Estructurales de Acero Como Cubrejunta

En la Tabla 41 se observa que, todas las muestras presentan esfuerzos totales actuantes, con medias que superan el esfuerzo mínimo de fluencia especificado por la ASTM A36/A36M (f_y). Asimismo, la media no supera el esfuerzo de tracción

máximo especificado por dicha norma ($f'_{u_{esp}}$). Adicionalmente, la Figura 83, Figura 85 y Figura 87, indican que, todas las cubrejuntas no superan el valor de $f'_{u_{esp}}$, cumpliendo así con la norma para acero estructural. Sin embargo, todos los ángulos estructurales sobrepasan el esfuerzo de fluencia mínimo especificado. Es importante señalar que, no se puede decir que los ángulos estructurales llegaron a la fluencia o no, ya que no se tiene un gráfico de esfuerzo-deformación. Sin embargo, se sabe que, ninguna cubrejunta llegó a la rotura.

6.1.6. *Discusión de Resultados de los Esfuerzos Actuantes en las Soldaduras.*

La Tabla 16 hasta la Tabla 24, muestran el cálculo teórico para los esfuerzos actuantes en la soldadura de los empalmes. Cabe destacar que, el cálculo teórico muestra la presencia de fuerzas de tensión en la junta de tope directo, mientras que, en las demás juntas se muestra la acción de fuerzas de corte y momentos flectores en una dirección, los cuales se consideran para determinar el módulo total del esfuerzo actuante. Solo se hizo un análisis estadístico descriptivo para la variable “esfuerzo total máximo actuante” indicado en la Tabla 40, por cada proceso de soldadura, tipo de junta y diámetro, los cuales diferencian a cada muestra.

6.1.6.1. Análisis en la Soldadura de la Junta a Tope Directo

En la Tabla 40 se observa que, en estas juntas, todas las muestras presentan en la soldadura los mismos esfuerzos actuantes de tracción que las varillas patrón.

En el proceso SMAW, el material de relleno fue el electrodo E9018-G bajo el código AWS A5.5 / ASME-SFA 5.5, con un esfuerzo mínimo de fluencia especificado (f_{ys}) de 5710 Kgf/cm², un esfuerzo de tracción mínimo especificado ($f_{umín_s}$) de 6424.24 Kgf/cm² y un esfuerzo de tracción máximo especificado ($f_{umáx_s}$) de 7647.90 Kgf/cm². En relación a dichas especificaciones, solo el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura del empalme de 3/8", supera a f_{ys} y a $f_{umín_s}$. Mientras que, la media en el caso del empalme de 1/2", no supera dichos valores. Adicionalmente, Figura 79 indica que, solo en los empalmes a tope de 3/8", se supera el valor de f_{ys} , y que solo en el espécimen 2 actúa un esfuerzo mayor a $f_{umín_s}$. Asimismo, en todos los especímenes no se excede el valor máximo $f_{umáx_s}$. Es importante señalar que, se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno, ya que, la rotura se dio en la misma unión soldada. En consecuencia, en cuanto a la resistencia, solo los empalmes de 3/8" cumplen con la clasificación E9018-G bajo el código AWS A5.5 / ASME-SFA 5.5, al mostrar que el esfuerzo medio actuante es mayor al mínimo especificado y menor a la resistencia máxima especificada. Por el contrario, no se

puede decidir si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que, no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

En el proceso GMAW, el material de relleno fue el electrodo ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, con un esfuerzo mínimo de fluencia especificado (f_{ys}) de 4180.9 Kgf/cm², un esfuerzo de tracción mínimo especificado (f_{umin_s}) de 5068.01 Kgf/cm² y un esfuerzo de tracción máximo especificado ($f_{umáx_s}$) de 5628.85 Kgf/cm². En relación a dichas especificaciones, solo el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura del empalme de 3/8", supera a f_{umin_s} y a $f_{umáx_s}$. Mientras que, el promedio en el caso del empalme de 1/2", solo excede a f_{ys} . Asimismo, la Figura 80, indica que, en todos los especímenes actúa un esfuerzo mayor a f_{ys} , en todas las probetas de 3/8" se excede a $f_{umáx_s}$ y que solo en el espécimen 3 de 1/2" actúa un esfuerzo mayor a f_{umin_s} . Adicionalmente, los resultados indicaron a la unión soldada como la zona de rotura, por lo cual se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno. En consecuencia, en cuanto a la resistencia, solo los empalmes de 3/8" cumplen con la ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, al mostrar que el esfuerzo medio actuante es mayor al mínimo especificada, sin embargo, es mayor a la resistencia máxima especificada. Por el contrario, no se puede decidir si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

En el proceso GTAW, el material de relleno fue el electrodo ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, con un esfuerzo mínimo de fluencia especificado (f_{ys}) de 4282.82 Kgf/cm², un esfuerzo de tracción mínimo especificado (f_{umin_s}) de 5098.60 Kgf/cm² y un esfuerzo de tracción máximo especificado ($f_{umáx_s}$) de 6526.21 Kgf/cm². En relación a dichas especificaciones, solo el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura del empalme de 3/8", supera a f_{umin_s} . Mientras que, el promedio en el caso del empalme de 1/2", no excede ni al valor de f_{ys} . Asimismo, la Figura 81, indica que, en dos especímenes de 3/8" no se supera a f_{ys} , en ninguna probeta se excede a $f_{umáx_s}$ y que en todos los especímenes de 3/8" actuaron esfuerzos mayores a f_{umin_s} . Adicionalmente, los resultados indican a la unión soldada como la zona de rotura, por lo cual se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno. En consecuencia, en cuanto a la resistencia, solo los empalmes de 3/8" cumplen con la ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, al mostrar que el esfuerzo medio actuante fue mayor al mínimo especificado. Por

el contrario, no se puede decidir si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

Cabe destacar, que, para todos los procesos de soldadura, en las juntas que cumplieron la norma, la rotura se pudo deber a otros factores, como la porosidad, los cuales son ajenos a los requisitos de resistencia. Asimismo, se deduce que la menor resistencia de la soldadura mostrada en los empalmes de 1/2", demuestra que, en estas juntas el mayor diámetro de la varilla tiene una influencia negativa en la resistencia.

6.1.6.2. Análisis en la Soldadura de la Junta a Solape Directo

En la Tabla 40 se observa que, en estas juntas, todas las muestras presentan en la soldadura esfuerzos actuantes de tracción menores que la varilla de control.

Para todos las muestras, la Tabla 40 indica que, el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura no supera a la fluencia mínima especificada f_y . Asimismo la Figura 79, Figura 80 y Figura 81, muestran que en todos los especímenes no se supera dicho valor. Es importante señalar que, no se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno, ya que, la rotura se dio en la varilla y no se observa desprendimiento o falla en el cordón de soldadura, y que no se puede determinar si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

6.1.6.3. Análisis en Soldadura de Junta a Tope Indirecto con Varillas Cubre junta

En la Tabla 40 se observa que, en estas juntas, todas las muestras presentaron en la soldadura esfuerzos actuantes de tracción menores que de la varilla.

Para todos las muestras, la Tabla 40, indica que, el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura no superó a la fluencia mínima especificada f_y . Asimismo, la figura Figura 79, Figura 80 y Figura 81, muestran que en todos los especímenes no se superó dicho valor. En los procesos SMAW y GMAW, no se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno, ya que, la rotura se dio en la varilla sin la evidencia de desprendimiento o fisuras en el cordón de soldadura. Sin embargo, la Tabla 36, nos indica las evidencias de desprendimiento o falla en la soldadura en dos especímenes de 1/2" del proceso GTAW, y como consecuencia, decimos que, en dichos casos, la soldadura no cumplió con la ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, respecto a la resistencia, ya que los esfuerzos actuantes para la falla de la soldadura fueron menores al mínimo especificado. A su vez, en todos los casos, no se puede decir si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

6.1.6.4. Análisis en Soldadura de Junta a Tope Indirecto con Ángulo Cubrejunta.

En la Tabla 40 se observa que, en estas juntas, todas las muestras presentan en la soldadura esfuerzos actuantes de tracción promedios menores que la varilla de control.

Para todas las muestras, la Tabla 40, indica que, el promedio del esfuerzo actuante en la soldadura no supera a la resistencia mínima especificada f_{min} . Asimismo, la Figura 79, Figura 80 y Figura 81, muestran que en todos los especímenes no se supera dicho valor. En el proceso SMAW, no se puede decidir si estas soldaduras cumplen o no con el código del material de relleno, ya que, la rotura se dio en la varilla sin la evidencia de desprendimiento o falla en el cordón de soldadura. Sin embargo, para el proceso GMAW y GTAW, la Tabla 35 y Tabla 36, nos indican las evidencias de desprendimiento o falla en la soldadura. Las fallas se dieron en la soldadura de dos especímenes de 3/8" del proceso GMAW, y en todos los especímenes de 1/2" del proceso GTAW, y como consecuencia, decimos que, en dichos casos, la soldadura no cumple con la ER70S-6 bajo el código AWS A5.18 / ASME-SFA 5.18, respecto a la resistencia, ya que los esfuerzos actuantes para la falla de la soldadura son menores al mínimo especificado. A su vez, en todos los casos, no se puede decir si la soldadura llegó a la fluencia o no, ya que no se tiene su caracterización en una curva de esfuerzo-deformación.

6.2. Discusión de Resultados del Ensayo de Doblado

Estos ensayos completaron para un mejor conocimiento de la ductilidad presentada por las juntas soldadas. El ensayo solo se realizó para los empalmes con junta a tope directa, a solape, e indirecta con varillas cubrejuntas, debido a su configuración y adaptación en el mandril de doblado, de acuerdo con la NTP 341.031. Respecto a los resultados de estudios anteriores, solo se encontraron antecedentes para la junta a tope directa del proceso de soldadura SMAW.

6.2.1. Junta a Tope Directo

Según la Tabla 13, respecto a las probetas elaboradas con el proceso de soldadura SMAW, el 67% de los empalmes a tope directo (4 especímenes) presentan fisuras en la unión soldada después del doblado. Sin embargo, la Figura J.1 y Figura J.3 del Apéndice J, ilustran a los especímenes después del doblado, evidenciando deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzan una ductilidad aceptable, estos resultados se asemejan a los encontrados por Lobos (2013) quien usó el electrodo E-9018 en un grupo de varillas soldadas, al igual que en esta tesis. Incluso, el 33% (2

especímenes) no muestran fisuras después del doblado, indicando una ductilidad más alta, resultados similares a un grupo de varillas soldadas y ensayadas en la investigación de Naranjo, Ojeda y Saquina (2015), quienes usaron el mismo proceso de soldadura. Aunque, este 33%, no alcanzan la ductilidad de la varilla patrón, se consideran aceptables. Asimismo, se observa que el espécimen 1 de 1/2" falla en la junta soldada rompiéndose en su totalidad, estableciendo en este caso que, no hay un comportamiento dúctil, y que la zona de rotura fue de carácter frágil, semejante a los resultados encontrados por Naranjo, Ojeda y Saquina (2015) en un grupo de varillas soldadas.

Para las probetas del proceso GMAW, la Tabla 14, señala que, el 67% de los empalmes presentan fisuras en la unión soldada después del doblado. Sin embargo, en la Figura J.6 y Figura J.9 del Apéndice J, evidencian deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzan una ductilidad aceptable. Incluso, el 33% de juntas, no muestran fisuras después del doblado, indicando una ductilidad aún mayor, aunque no alcanzan la ductilidad de la varilla de control, se consideran aceptables. No se encontraron antecedentes respecto a este proceso de Soldadura.

Para las probetas del proceso GTAW, la Tabla 15, señala que, el 100% de los empalmes de tope directo presentan fisuras en la unión soldada después del doblado. Sin embargo, en la Figura J.11 y Figura J.13 del Apéndice J, evidencian deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzan una ductilidad aceptable, aunque no alcanzan la ductilidad de la varilla de control. Asimismo, se observa que, el espécimen 1 de 1/2" falla en la junta soldada rompiéndose en su totalidad, estableciendo así un comportamiento frágil. No se encontraron antecedentes respecto a este proceso de Soldadura.

6.2.2. Junta a Solape Directo

La Tabla 13, indica que para el proceso SMAW, después del doblado, solo un espécimen no presenta fisuras, mientras que, el resto muestra mínima fisura en la junta soldada. Sin embargo, en la Figura J.2 y Figura J.4 del Apéndice J, evidencian deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzaron una ductilidad cercana a la varilla patrón, mucho mayor las juntas a tope directo, y que las varillas no presentan indicios de separación. Aunque debido a la aparición de fisuras en la soldadura y bajo un ángulo de doblez mucho mayor, se podría decir que la ductilidad sería relativamente menor a la varilla patrón.

Para el proceso GMAW, la Tabla 14, indica que, después del doblado, el 67% de especímenes no presentan fisuras, mientras que, el resto muestra fisuras en la junta soldada. Sin embargo, en la Figura J.7 y Figura J.10 del Apéndice J, evidencian deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzan una ductilidad cercana a la varilla patrón, mucho mayor las juntas a tope directo, y que las varillas no presentan indicios de separación. Similarmente a las varillas soldadas del proceso SMAW, la ductilidad sería relativamente menor a la varilla patrón debido a los indicios de fisuras y frente a un mayor ángulo de doblez.

Para el proceso GTAW, la Tabla 15, indica que, después del doblado, solo un espécimen evidencia fisuras en la junta soldada. Sin embargo, la Figura J.12 y Figura J.14 del Apéndice J, evidencian deflexiones y ángulos de doblez importantes y que alcanzan unas ductilidades similares a los especímenes de los otros procesos, sin indicios de separación. Análogamente a los procesos anteriores, se podría decir que la ductilidad es relativamente menor a la varilla patrón.

6.2.3. Junta a Tope Indirecto con Dos Varillas Como Cubrejuntas

La Tabla 13, indica que, para el proceso SMAW, solo se realizó el doblado de varillas soldadas de 5/8", mostrando poca fisura en la junta soldada. Sin embargo, la Figura J.5 del Apéndice J, evidencia en 2 de los especímenes (1 y 3), deflexiones y ángulos de doblez importantes, sin indicios de separación de las varillas y que alcanzan ductilidades cercanas a la varilla patrón, mayores de las juntas a tope directo. Es importante señalar que, en estos 2 especímenes, la ubicación del mandril de doblado fue en la zona central de la probeta, sobre la junta soldada. Mientras que, en el espécimen 2, la ubicación del mandril fue sobre la zona fuera de la junta (en la varilla sin cordón de soldadura), mostrando menor ductilidad durante el doblado, y rompiéndose en su totalidad, lo cual podría deberse al efecto del calor producido durante el proceso de soldadura, fenómeno que se asemeja a la evaluación de Naranjo, Ojeda y Saquinga (2015).

La Tabla 14, indica que, para el proceso GMAW, solo se realizó el doblado de varillas soldadas de 3/8", mostrando fisura en la varilla del tercer espécimen (fuera de la junta soldada), mientras que, los otros dos especímenes no se fisuran. Asimismo, la Figura J.8 del Apéndice J, evidencia que, en todos especímenes, deflexiones y ángulos de doblez importantes, sin indicios de separación de las varillas y que alcanzaron ductilidades cercanas a la varilla patrón, mayores de las juntas a tope directo. Es importante señalar que, la aparición de fisuras en la zona de la varilla fuera de la junta

del tercer espécimen, muestra una menor ductilidad en el metal base, lo cual podría deberse al efecto del calor producido durante el proceso de soldadura.

6.3. Análisis de la Influencia de la Variable Independiente sobre la Dependiente

La soldadura en su dimensión *diseño o tipo de junta*, en el ítem *junta a tope directa*, muestra predominio del tipo desfavorable, ya que, la mayoría de especímenes obtuvieron una resistencia menor al mínimo especificado y a los esfuerzos del grupo de control, y que la rotura se da en todos los casos en la soldadura. Estos resultados para los empalmes de 3/8" del proceso SMAW (se usó el electrodo E-9018) son semejantes a los encontrados por Lobos (2013). Sin embargo, hay discordancia con los empalmes de 1/2" del mismo proceso. Mientras que, para la relación f_u/f_y , para los empalmes de 1/2" del proceso SMAW, los resultados son similares a los encontrados por Díaz (2014), aunque este usa en su investigación el electrodo E-7018 en la elaboración de estos especímenes. Respecto a los procesos GMAW y GTAW, no se tiene algún antecedente para su comparación.

La soldadura en su dimensión *diseño o tipo de junta*, en el ítem *junta a solape directo*, evidencia predominio del tipo favorable, ya que, todos los especímenes obtienen resistencias mayores al mínimo especificado y similares a los esfuerzos del grupo de control, sin embargo, en algunos casos la rotura se da en el límite de la junta, probablemente debido al efecto de temperatura. Para la comparación de estos resultados con algún antecedente, solo se encontró la tesis de Quezada (2010) quien estudia la resistencia de varillas de 8mm, 10mm y 12mm soldadas (proceso SMAW) a solape y a tope indirecta con varillas como cubrejunta para el acero de refuerzo fabricado en Chile que cubren las normas A630-420H y A440-280H, donde el primero posee un rango de carbono equivalente de 0,51-0,56%, perteneciendo al grupo de aceros de alto contenido de carbono, los cuales no son recomendables para la soldadura. Por lo tanto, las varillas fabricadas en Chile bajo la norma A630-420H son comparables con el acero estudiado en la presente investigación (varillas de la casa SIDER PERÚ que cubre la norma ASTM A615), donde éstas son de alto contenido de carbono con valores mayores a 0.50% (Ottazi 2004). En consecuencia, al hacer la comparación, según los resultados de la Tabla 10 para los empalmes de 3/8" del proceso SMAW (se usó el electrodo E-9018) son semejantes a los encontrados por Quezada. Sin embargo, hay discordancia con los empalmes de 1/2" del mismo proceso. Asimismo, los resultados de Quezada muestran que, la ductilidad de estos empalmes es menor a la barra patrón, y que hay rotura en el límite de la junta soldada para un

especimen y rotura alejada de la junta para las otras 2 varillas soldadas, resultados que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación. Mientras que, para la relación f_u/f_y , no se tienen antecedentes para este tipo de juntas. Sin embargo, Quezada, en su investigación usó el electrodo E8018-C1 en la elaboración de las varillas soldadas para el acero A630-420H. Respecto a los procesos GMAW y GTAW, no se tiene algún antecedente para su comparación.

La soldadura en su dimensión *diseño o tipo de junta*, en el ítem *junta a tope indirecto con 2 varillas como cubrejuntas*, presenta predominio del tipo favorable, ya que, todos los especímenes obtienen resistencias mayores al mínimo especificado y similares a los esfuerzos del grupo de control, y que la rotura se da fuera de la junta, lo cual indica que la junta soldada fue más resistente que la zona sin soldar (varilla patrón).

Asimismo, la relación f_u/f_y , obtiene en su mayoría valores superiores al mínimo especificado por la AWS D1.4. En consecuencia, estos empalmes muestran características similares a las varillas patrón, en cuanto a resistencia y ductilidad. Al respecto, los resultados de la Tabla 10 y las curvas de esfuerzo-deformación para el proceso SMAW, indican que son semejantes a los de Quezada (2010). Sin embargo, Quezada, en su investigación usa el electrodo E8018-C1 en la elaboración de las varillas soldadas para el acero A630-420H, mientras que, en la presente tesis se usa el electrodo E-9018. Respecto a la variable f_u/f_y , no se tienen antecedentes para este tipo de juntas, al igual que para los procesos GMAW y GTAW. Es importante señalar que este tipo de junta además de ser semejante a la barra patrón en cuanto a resistencia y ductilidad, presenta simetría en su configuración, por ende, las excentricidades se compensaban, haciendo nulo al momento flector, evitando así, que en el concreto se origine fisuras causado por la posible flexión interna del empalme.

La soldadura en su dimensión *diseño o tipo de junta*, en el ítem *junta a tope indirecto con un ángulo estructural como cubrejunta*, presenta predominio del tipo favorable, ya que, la mayoría de especímenes obtuvieron esfuerzos de tracción mayores al mínimo especificado y similares a los esfuerzos del grupo de control, y que la rotura se da fuera de la junta, lo cual indica que la soldadura es más resistente que la zona sin soldar (varilla patrón). Asimismo, la relación f_u/f_y , obtiene en su mayoría valores superiores al mínimo especificado por la AWS D1.4. En consecuencia, la mayor parte de estos empalmes, muestran características similares a las varillas patrón, en cuanto a resistencia y ductilidad. Sin embargo, en los empalmes de 1/2" del proceso

GTAW, este tipo de junta presenta predominio negativo, ya que, los esfuerzos de tracción y ductilidad, resultan ser menores a la a la barra patrón y 2 de los 3 especímenes no cumplieron con la resistencia tracción mínima especificada, donde la falla se da en forma de separación del cubrejunta (ángulo estructural) y la varilla, lo cual pudo deberse a un mal proceso constructivo. No se encontró algún estudio anterior respecto a esto empalmes.

Se observa la existencia de excentricidades en los empalmes de junta a solape directo y de junta a tope indirecto con un ángulo estructural como cubrejunta, que generan momentos flectores y por tanto flexión de la barra. Por consiguiente, se debe considerar que, el concreto que rodea al empalme soldado, sea lo suficientemente colaborante, previniendo así las fisuras por la deformación causada por flexión.

Los resultados de la Tabla 38 y Tabla 39, indican que, la soldadura en sus dimensiones *proceso de soldadura y material de relleno*, en sus ítems *proceso SMAW (el material de relleno usado fue el electrodo E9018-G con una resistencia a la tracción mínima especificada de 6424.236 Kgf/cm²)* y *proceso GMAW (el material de relleno utilizado fue el alambre ER70S-6 con una resistencia a la tracción mínima especificada de 5068.01 Kgf/cm²)*, muestran predominio del tipo favorable, ya que todos los especímenes obtienen resistencias acordes al tipo de junta, explicados en los párrafos anteriores. Por el contrario, en el ítem *proceso GTAW (el material de relleno fue la varilla ER70S-6 con una resistencia a la tracción mínima especificada de 5098.6 Kgf/cm²)* en las juntas a tope directo, presenta predominio desfavorable, ya que, las resistencias son menores a los otros 2 procesos de soldadura. Asimismo, la influencia del proceso GTAW en los empalmes del tipo de junta a tope indirecta con un ángulo como cubrejunta, es negativa, porque la resistencia es menor al mínimo especificado y a los del grupo control, con un comportamiento del tipo frágil debido al desprendimiento brusco de la cubrejunta.

En consecuencia, según los resultados del ensayo de tracción para los empalmes a tope indirecto con varillas como cubrejunta del proceso de soldadura SMAW, señalan a este tipo de junta y proceso, como las más óptimas, debido a que el 100% de los especímenes muestran resultados favorables y por su diseño simétrico que evita la flexión de las varillas.

6.4. Discusión del Análisis de Hipótesis.

En la contrastación de hipótesis en función del problema y objetivo general planteados, observamos por cada proceso de soldadura, lo siguiente:

6.4.1. Proceso de Soldadura SMAW.

Existe relación entre la soldadura y la resistencia del empalme, además resulta ser positivo en las juntas a solape y a tope indirectas, ya que muestran resistencias similares a las varillas de control y que cumplen con el requisito del artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4 (valor mínimo de la relación $f_u/f_{y_{especificado}}$), cumpliéndose así con la validez, aceptación y refuerzo de la hipótesis general. Sin embargo, en la junta a tope directa, en general, la relación resulta ser negativa, puesto que, en promedio muestran resistencias menores a las varillas de control y que los empalmes de 1/2" no cumplen con el requisito del código AWS D1.4, con un $p\text{-valor} > 0.05$, rechazando así la hipótesis general este tipo de juntas. Es así que, en el grupo de empalmes soldados con este proceso, se cumple con el objetivo principal de esta tesis.

Es preciso señalar que, la relación positiva es semejante a los resultados de Quezada (2010) y la relación desfavorable es similar a los hallazgos encontrados por Lobos (2013) y Diaz (2014), y a los de Naranjo, Ojeda y Saquina (2015).

6.4.2. Proceso de Soldadura GMAW.

Existe relación entre la soldadura y la resistencia del empalme, además resulta ser positivo en las juntas a solape y a tope indirectas, puesto que, muestran resistencias similares a las varillas de control y que cumplen con el requisito del artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4 (valor mínimo de la relación $f_u/f_{y_{especificado}}$), cumpliéndose así con la validez, aceptación y refuerzo de la hipótesis general. Sin embargo, en las juntas a tope directa, en general, la relación resulta ser negativa, puesto que, en promedio muestran resistencias menores a las varillas de control y que los empalmes de 1/2" no cumplen con el requisito del código AWS D1.4, con un $p\text{-valor} > 0.05$, rechazando así la hipótesis general para este tipo de juntas. Es así que, en el grupo de empalmes soldados con este proceso, se cumple con el objetivo principal de esta tesis.

6.4.3. Proceso de Soldadura GTAW.

Existe relación entre la soldadura y la resistencia del empalme, además resulta ser positivo en las juntas a solape y a tope indirectas con varillas como cubrejuntas, ya que muestran resistencias similares a las varillas de control y que cumplen con el requisito del artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4 (valor mínimo de la relación $f_u/f_{y_{especificado}}$), cumpliéndose así con la validez, aceptación y refuerzo de la hipótesis general. Sin embargo, en las juntas a tope directo, en general, la relación resulta ser

negativa, puesto que, en promedio muestran resistencias menores a las varillas de control y que los empalmes de 1/2" no cumplen con el requisito del código AWS D1.4, con un p-valor >0.05 , rechazando así la hipótesis general este tipo de juntas. Asimismo, para los empalmes de 1/2" con juntas a tope indirecto con un ángulo estructural como cubrejunta, dicha relación es negativa, con un p-valor >0.05 , incumpliendo el código AWS D1.4, rechazando la hipótesis general en estos empalmes. Por consiguiente, en el grupo de empalmes soldados con este proceso, se cumple con el objetivo principal de esta tesis.

CAPÍTULO VII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

1. Sobre la base de los hallazgos encontrados, se encontró resultados favorables y desfavorables, sustentados de la siguiente manera:

1.1. Existe relación positiva o favorable entre la soldadura y la resistencia de los empalmes de las varillas de acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60. Este efecto prueba la validez de la hipótesis general, para los siguientes casos:

- Empalmes Soldados mediante el proceso de soldadura SMAW, con material de relleno del cordón de soldadura del tipo electrodo E9018-G, para las juntas a tope indirecto con varillas y ángulos estructurales como cubrejunta.
- Empalmes Soldados mediante el proceso de soldadura GMAW, con material de relleno del cordón de soldadura del tipo alambre ER70S-6, para las juntas a tope indirecto con varillas como cubrejunta.

En estos empalmes, en general, hay cumplimiento según el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4. Asimismo, los hallazgos encontrados indican una resistencia y ductilidad aceptables y semejantes a las varillas de control.

Asimismo, se concluye en dichos empalmes, el éxito de las recomendaciones de la norma UNE 36832 respecto a los requerimientos mínimos de la geometría de la junta soldada.

Por otra parte, se sabe que la AWS D1.4 recomienda a los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW, con materiales de relleno de resistencia a la tracción especificadas, mayores al metal base, y en el art 6.2.6.1, indica el valor mínimo de 1.25 para la relación f_u/f_y . En consecuencia, para dichos empalmes, se concluye que, los procesos de soldadura SMAW y GMAW, indican el éxito de las recomendaciones del código AWS D1.4. Adicionalmente, se deduce que, las consideraciones de la AWS D1.4 respecto a la resistencia mínima especificada del

material de relleno, no acertaron, debido a los resultados favorables de los empalmes del proceso GMAW con materiales de relleno de resistencias a la tracción especificadas menores a la resistencia especificada del metal base (varillas de acero de refuerzo). Es decir, que, a pesar de no cumplir con las exigencias de la AWS D1.4 para la resistencia mínima especificada del material de relleno, se obtuvo resultados favorables. Por el contrario, para el material de relleno empleado en el proceso SMAW, la especificación si cumple con la exigencia de la norma, mostrando así en estos empalmes el acierto de la AWS D1.4.

1.2. Existe relación negativa o desfavorable entre la soldadura y la resistencia de los empalmes de las varillas de acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60, que invalida la hipótesis general, para los siguientes casos:

- Empalmes Soldados mediante el proceso de soldadura SMAW, con material de relleno del cordón de soldadura del tipo electrodo E9018-G, para las juntas a tope y a solape directo.
- Empalmes Soldados mediante el proceso de soldadura GMAW, con material de relleno del cordón de soldadura del tipo alambre ER70S-6, para las juntas a tope directo, a solape directo y a tope indirecto con un ángulo estructural como cubrejunta.
- Empalmes Soldados mediante el proceso de soldadura GTAW, con material de relleno del cordón de soldadura del tipo varilla ER70S-6, para todos los tipos de juntas.

En estos empalmes, en general, no hay cumplimiento según el artículo 6.2.6.1 del código AWS D1.4, y que, los hallazgos encontrados indican una resistencia y ductilidad no aceptables y menores a las varillas de control.

Asimismo, se concluye en dichos empalmes, el fracaso de las recomendaciones de la norma UNE 36832 respecto a los requerimientos mínimos de la geometría de la junta soldada.

Mientras que, los procesos de soldadura SMAW y GMAW, indican el desacuerdo de las indicaciones del código AWS D1.4. Sin embargo, el proceso GTAW, al no estar indicado como proceso de soldadura por la norma, y con resultados desfavorables, revela la razón de la AWS D1.4. Asimismo, se deduce que, las consideraciones de la norma respecto a la resistencia mínima especificada del material

de relleno, no acertaron en las juntas a tope directo del proceso SMAW, es decir que, a pesar de cumplir con el código, se obtuvo resultados negativos. En tanto que, en los procesos GMAW y GTAW, al no cumplir con las exigencias de la AWS D1.4 para la resistencia mínima especificada del material de relleno, no se obtuvo resultados favorables. Es importante señalar que, las juntas a tope indirectas con varillas como cubrejuntas del proceso GTAW, fueron consideradas como desfavorables por presentar en su mayoría, desprendiendo y fallas en la soldadura, pese a que mostraron resistencias similares a las varillas de control. Asimismo, todas las juntas del tipo a solape directo, son consideradas desfavorables, a pesar de que mostraron resistencias similares a las varillas de control, por el hecho de que, en su mayoría la rotura se dio en el límite de la junta soldada, en la varilla, mostrando certeza para decir que, las altas temperaturas alteraron la microestructura cristalina del material base (acero de refuerzo), mermando las propiedades mecánicas originales de la varilla en la zona de rotura.

2. Se ha determinado que las resistencias a la tracción en las muestras ensayadas, de los empalmes soldados, medidos con el indicador “esfuerzo de tracción”, son las siguientes:

a. Empalmes elaborados con el proceso de soldadura SMAW

- **Empalme de 3/8” con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 6446.04 Kgf/cm², con una desviación estándar de 627.61 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2” con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 5099.66 Kgf/cm², con una desviación estándar de 492.28 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8” con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7369.68 Kgf/cm², con una desviación estándar de 437.84 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2” con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7149.15 Kgf/cm², con una desviación estándar de 118.33 Kgf/cm².

- **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con dos varillas de 8mm como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7126.62 Kgf/cm², con una desviación estándar de 335.53 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con dos varillas de 3/8" como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7079.59 Kgf/cm², con una desviación estándar de 354.27 Kgf/cm².
- **Empalme de 5/8" con junta a tope indirecta con dos varillas de 1/2" como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7610.64 Kgf/cm², con una desviación estándar de 139.75 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7437.74 Kgf/cm², con una desviación estándar de 177.42 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7298.99 Kgf/cm², con una desviación estándar de 176.83 Kgf/cm².

b. Empalmes elaborados con el proceso de soldadura GMAW

- **Empalme de 3/8" con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 6241.87 Kgf/cm², con una desviación estándar de 394.57 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 4992.63 Kgf/cm², con una desviación estándar de 382.26 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8" con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 8371.10 Kgf/cm², con una desviación estándar de 238.75 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7406.01 Kgf/cm², con una desviación estándar de 308.52 Kgf/cm².

- **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con dos varillas de 8mm como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7593.30 Kgf/cm², con una desviación estándar de 322.61 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con dos varillas de 3/8" como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7315.04 Kgf/cm², con una desviación estándar de 250.93 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 8050.26 Kgf/cm², con una desviación estándar de 567.83 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 1 1/4"x1 1/4"x3/16" como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7812.70 Kgf/cm², con una desviación estándar de 128.76 Kgf/cm².

c. Empalmes elaborados con el proceso de soldadura GTAW

- **Empalme de 3/8" con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 6066.86 Kgf/cm², con una desviación estándar de 364.30 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a tope directa:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 4120.40 Kgf/cm², con una desviación estándar de 523.24 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8" con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 8234.99 Kgf/cm², con una desviación estándar de 590.12 Kgf/cm².
- **Empalme de 1/2" con junta a solape directo:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7063.53 Kgf/cm², con una desviación estándar de 504.60 Kgf/cm².
- **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con dos varillas de 8mm como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 8254.43 Kgf/cm², con una desviación estándar de 343.88 Kgf/cm².

- **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con dos varillas de 3/8" como cubrejuntas:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 7347.15 Kgf/cm², con una desviación estándar de 457.55 Kgf/cm².
 - **Empalme de 3/8" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 25mmx25mmx3mm como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 8040.54 Kgf/cm², con una desviación estándar de 661.49 Kgf/cm².
 - **Empalme de 1/2" con junta a tope indirecta con un ángulo estructural de 1 ¼"x1 ¼"x3/16" como cubrejunta:** en promedio su resistencia a la tracción fue igual a 5720.39 Kgf/cm², con una desviación estándar de 1044.51 Kgf/cm².
3. Se ha constatado, que según la dimensión "*diseño de junta*", la junta a tope indirecta con dos varillas como cubrejunta, es la más óptima, por compararse positivamente con las varillas de control respecto a la resistencia y ductilidad. Además, se ha confirmado que la unión soldada tiene mayor resistencia que la varilla. Aparte de que, el diseño de esta junta, posee una configuración simétrica, que anula a la flexión en las varillas. Asimismo, se ha verificado que, en las dimensiones "*proceso de soldadura*" y "*material de relleno*", el SMAW y el electrodo E9018-G, respectivamente, son los más ideales, ya que presentan resultados favorables en la mayoría de juntas (excepto en la junta de tope directo).
 4. El ensayo de doblado para las juntas de tope directo, mostró fisuras y cierta ductilidad, aunque considerablemente menor a la varilla sin soldar. Más aún, los resultados mostraron un comportamiento que tiende más a la fragilidad. Sin embargo, las juntas a solape y a tope indirecta con varillas como cubrejunta, mostraron una ductilidad aceptable, aunque ligeramente menor a la varilla testigo.

7.2. Recomendaciones

1. Se recomienda que, para emplear los empalmes soldados en estructuras de concreto, el ejecutor y supervisor deben investigar los parámetros de soldadura apropiados, y alterar en lo mínimo las características del acero de refuerzo.
2. Se recomienda que, en el caso de requerir soldar varillas de acero de refuerzo, no usar la junta a tope directa, debido a los hallazgos desfavorables encontrados en la presente evaluación.
3. Se recomienda que, en la construcción de las estructuras de concreto reforzado, se tome atención a los resultados de la presente tesis como línea base, puesto que, es una de las primeras evaluaciones de la soldadura en varillas de acero de refuerzo corrugado ASTM A615 Grado 60, con procesos de soldadura GMAW y GTAW, y con juntas a tope indirecta. En general, se sugiere que, en los futuros estudios, se tome en consideración los hallazgos encontrados en la presente evaluación.
4. La presente tesis nos mostró la evaluación realizada en torno a la resistencia de los empalmes soldados del acero de refuerzo ASTM A615 Grado60, que deja abierto otros casos que profundicen el conocimiento en los empalmes soldados. Entre ellos podemos destacar las siguientes recomendaciones para trabajos futuros:
 - Evaluar la resistencia de los empalmes soldados variando los parámetros de soldadura, respecto a los procesos de soldadura, material de relleno, posición de la soldadura y diseño de juntas, no contemplados en esta tesis. A su vez, realizar el análisis en varillas de mayor diámetro, usadas en estructuras de concreto que requieren alta demanda de refuerzo. Esto puede ayudar a confirmar algunas observaciones realizadas en esta tesis.
 - Evaluar las propiedades mecánicas en alteradas en las varillas afectadas por las altas temperaturas del proceso de soldadura, respecto a la resistencia, ductilidad, tenacidad y endurecimiento.
 - Estudiar la rotura en las varillas alteradas por las altas temperaturas del proceso de soldadura, en cuanto a la geometría y deformaciones de la estricción, y a su progreso durante el estirado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Institute of Steel Construction. (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero). Obtenido de http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf
- American Welding Society (AWS) D1 Structural Welding Committee. (2005). *Structural Welding Code - Reinforcing Steel*. American Welding Society (AWS). Miami: AWS. Obtenido de https://pubs.aws.org/Download_PDFS/d1.4-d1.4M-2005PV.pdf
- American Welding Society. (2001). *Welding Handbook, Welding Science and Technology* (Novena ed., Vol. I). (C. L. Jenney, & A. O'Brien, Edits.) Miami, Estados Unidos: American Welding Society. Obtenido de https://www.academia.edu/38524950/WELDING_SCIENCE_AND_TECHNOLOGY_Prepared_under_the_direction_of_the_Welding_Handbook_Committee
- American Welding Society. (2004). *Welding Handbook, Welding Processes, Part 1* (9 ed., Vol. 2). (A. O'Brien, Ed.) Miami: American Welding Society. Obtenido de https://www.academia.edu/36598202/Welding_Handbook_Ninth_Edition_Volume_2_WELDING_PROCESSES_PART_1
- American Welding Society. (2011). *Welding Handbook, Materials and applications, Part 1* (9 ed., Vol. 4). (O. Annette, & C. Guzman, Edits.) Miami: American Welding Society. Obtenido de https://www.academia.edu/38524952/Welding_Handbook_Ninth_Edition_Volume_4_MATERIALS_AND_APPLICATIONS_PART_1_Prepared_under_the_direction_of_the_Welding_Handbook_Committee



- Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión. (2006). *Uniones Soldadas de Armaduras de Acero Para Piezas de Hormigón*. Curso de Formación de Ingenieros Europeos/Internacionales de Soldadura. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/356829798/T-3-11-Rev-1>
- Bueno Maldonado, R. (2006). *Ductilidad en Armaduras Pasivas*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla. Obtenido de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/15376/Q_Tesis_BUE_1.pdf;jsessionid=1B8BC9FDF0137B89BDD64CA3D99F0E4E?sequence=1&isAllowed=y
- Castro Atau, Y. (2010). *Sistematización de Detalles, Habilitación y Armado de Acero ASTM A615 para Construcciones de Concreto Armado: Impacto Técnico, Económico y Ambiental*. Tesis de Pregrado, Ayacucho. Obtenido de <https://yobercastro.files.wordpress.com/2011/07/detalles-y-optimizacic3b3n-de-aceros-para-construcciones-de-concreto-armado-yoberchotmail-com.pdf>
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Diaz, E. (2015). *Resistencia de Materiales*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Obtenido de <http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>
- Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. (2008). *Norma Técnica Peruana: NTP 341.031*. Norma, Lima.
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2007). *El Acero, lo que hay que saber*. (Segunda ed.). Lima, Perú: Grupo Publicidad S.R.L. Obtenido de http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/destacados/El_Acero.pdf.
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2010). *Manual del Maestro Constructor* (Primera ed.). Lima, Perú: MOTIVA S.A. Obtenido de http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/MANUAL_MAESTRO_CONSTRUCOR.pdf
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2016). *Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60/NTP 341.031-Grado 60*. Hoja Técnica, Corporación Aceros Arequipa S.A. Obtenido de

http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/AA_FierroCorrugado_A615.pdf.

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2019). *Catálogo de Productos y Servicios*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/catalogo-productos-2019.pdf>

Del Valle Moreno, A., Pérez López, T., & Martínez Madrid, M. (2001). *El Fenómeno de la Corrosión en Estructuras de Concreto Reforzado*. Instituto Mexicano del Transporte, Ciudad de México. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt182.pdf>

Díaz Peregrino, C. E. (2014). *Soldabilidad del Acero Corrugado ASTM A615 Grado 60 en Relación al Acero Corrugado ASTM A706 Grado 60*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/647/T%20671.521%20D542%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domínguez, R., Guerrel, K., Morales, F., Monterrey, V., Aguilar, E., Ng, M., & Tedejor De León, A. (2017). *Dobladora manual de aceros inoxidable para tubos y varillas de construcción utilizados en Panamá*. Revista de Iniciación Científica, Universidad Tecnológica de Panamá. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/download/1753/2494>

Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2018). *Barras de Construcción*. GERDAU. Obtenido de https://www.siderperu.com.pe/sites/pe_gerdau/files/PDF/FT%20FIERRO%20SIDERPERU%20NTP%20341%200031.pdf

Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2019). *Ángulo Estructural A36*. GERDAU. Obtenido de https://www.siderperu.com.pe/sites/pe_gerdau/files/PDF/Ficha%20T%C3%A9cnica%20C3%81ngulos%20A36.pdf

ESAB. (12 de Abril de 2020). *LHN 240i Plus*. Obtenido de Equipos para soldadura: <https://www.soldexa.com.pe/cl/sp/products/arc-welding-equipment/mma-equipment-cc/lhn-240i-plus.cfm>

- González, V., Botero, J. C., Rochel, R., Vidal, J., & Álvarez, M. (2005). Propiedades Mecánicas del Acero de Refuerzo Utilizado en Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 1(1), 67-76. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83510105>
- Guisande González, C., Vaamonde Liste, A., & Barreiro Felpeto, A. (2013). *Tratamiento de datos con R, STATISTICA y SPSS*. España: Diaz de Santos. Obtenido de <https://blog.utp.edu.co/estadistica/files/2017/09/TRATAMIENTO-DE-DATOS-CON-R-ESTADISTICA-Y-SPSS.pdf>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F., México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. Obtenido de https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de Materiales* (Octava ed.). México: PEARSON. Obtenido de <https://doku.pub/download/mecanica-de-materiales-russell-c-hibbeler-8va-edicionpdf-408r9zjwyxlx>
- Hollomon, J. H. (1945). *Tensile Deformation*. Artículo, AIME, New York. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/255631757/Tensile-Deformation-John-Hollomon>
- Hurtado Espejo, R. C. (2011). *Estudio de la Soldabilidad de Barras Corrugadas de Acero para Concreto Reforzado Belgo 60*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1007/HURTADO_ESPEJO_RAUL_BARRAS_CORRUGADAS_ACERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- LINCOLN ELECTRIC. (2016-2017). *Equipos de Soldadura y Corte - Catálogo de Productos*. Catálogo. Obtenido de <https://www.lincolnelectric.com/assets/EU/ES/equip-catalogue-es.pdf>

- LINCOLN ELECTRIC. (12 de Abril de 2020). *Invertec® V275-S*. Obtenido de Equipos de Soldadura: https://www.unimaq.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/INVERTEC_V275-S.pdf
- Lobos Guerra, G. J. (2013). *Análisis y Recomendaciones Prácticas de la Soldadura en Uniones a Tope del Acero Corrugado N°8, Grado 60, Norma ASTM A615, Disponible en el Mercado Guatemalteco*. Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3626_C.pdf
- Mayori M., A. M. (s.f.). *Resistencia de Materiales Aplicada* (Primera ed.). La Paz, Bolivia: Yucatán Hermosa. Obtenido de http://www.cartagena99.com/recursos/otros/apuntes/Resistencia_de_Materiales_Aplicada.pdf
- McCormac, J. C., & Brown H., R. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado* (Octava ed.). México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Obtenido de https://www.usuarios.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/Diseño_de_Concreto_Reforzado_8_edicion_.pdf
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero* (Quinta ed.). México, D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Obtenido de <https://mega.nz/file/e4klDA4I#p3mJ54dJ042OGGhyONCzwTrAwvnBBSFhQdnrwVuhDL0>
- Mendenhall, W., Beaver, R. J., & Beaver, B. M. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística* (Décima tercera ed.). CENGAGE. Obtenido de <https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>
- Miller. (12 de Abril de 2020). *Alimentador SuitCase X-TREME 12VS*. Obtenido de INDIRA Grupo AIR PRODUCTS: https://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/ID4596_file_2767_miller%20-%20suitcase%2012vs%20extreme.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Edificación E-060 : Concreto Armado*. Instituto Nacional de Investigación y

- Normalización de la Vivienda. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=190>
- Mirón Canelo, J. A., Alonso Sardón, M., & Iglesias de Sena, H. (2010). *Metodología de investigación en Salud Laboral*. Artículo, Universidad de Salamanca, Salamanca. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v56n221/aula.pdf>
- Monge Sandí, A., & Abarca Jiménez, A. (2013). *Comparación de determinación de propiedades mecánicas en barras de refuerzo para concreto con extensómetro axial convencional y extensómetro láser*. LanammeUCR. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6240950.pdf>
- Naranjo G., C., Ojeda D., H., & Saquina D., D. (2015). Congreso de Ciencia y Tecnología. *X CONGRESO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPE 2015*, 10(1), 142-147. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/39/38>
- NOVACERO. (2017). *Manual de Soldadura de Acero de Refuerzo Para Hormigón Armado*. Obtenido de <https://www.novacero.com/catg-productos.html?download=18:descargar-manual-de-soldadura-de-acero>
- Ottazzi Pasino, G. A. (2004). *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1055>
- Polanco Madrazo, J. A., Cavia, S. D., & García, C. T. (s.f.). *Materiales de Construcción: Lección 3. Propiedades Mecánicas*. Universidad de Cantabria. Obtenido de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/280/course/section/205/Leccion3.pdf>
- Quezada Rivera, A. F. (2010). *Efectos de la Soldadura en Empalmes de Acero de Refuerzo, para Hormigón Armado*. Tesis de Pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-quezada_ar/pdfAmont/cf-quezada_ar.pdf

- Rey Graña, C., & Ramil Díaz, M. (2007). *Introducción a la Estadística Descriptiva* (Segunda ed.). NETBIBLO. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/61909762.pdf>
- Rodríguez Alanguía, W. (2011). *Guía de la Investigación Científica* (Primera ed.). Lima: Universidad de Ciencias y Humanidades. Obtenido de http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/23/rodriguez_arainaga_wal_abonso_guia%20_investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rosas Mayhuire, A. (2018). *Evaluación de las Uniones Soldadas en las Estructuras Metálicas y de las Propiedades Mecánicas del Acero Estructural y Acero Para Hormigón Usadas en la Construcción de Edificios ASPERSUD-Arequipa*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7568>
- SOLDEXA. (s.f.). *Manual de Soldadura y Catálogo de Productos*. Obtenido de <http://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2017/04/Descarga-manual-soldadura.pdf>
- Suárez Guerra, F. (2013). *Estudio de la rotura en barras de acero. Aspectos experimentales y numéricos*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/14828/1/Fernando_Suarez_Guerra.pdf
- Tamayo y Tamayo, M. (1999). *Aprende a Investigar. La Investigación* (Tercera ed., Vol. II). Santa Fe de Bogotá, Colombia: ARFO EDITORES LTDA. Obtenido de <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/19.pdf>
- UNE. (1997). *UNE 36832:97: Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural*. Madrid: AENOR. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0004116>
- Vara Horna, A. V. (2012). *Desde la Idea Hasta la Sustentación: 7 Pasos Para Una Tesis Exitosa. Un Método Efectivo Para las Ciencias Empresariales* (Tercera ed.). Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres. Obtenido de <https://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/7-PASOS->

PARA-UNA-TESIS-EXITOSA-Desde-la-idea-inicial-hasta-la-sustentaci%C3%B3n.pdf

Wight, J. K., & McGregor, J. G. (2012). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design* (Sexta ed.). New Jersey, United States of América: Pearson. Obtenido de <http://icivil-hu.com/Nedal/Reinforced%20Concrete%20Mechanics%20and%20Design%2006th%20Edition%20by%20Wight%20MacGregor.PDF>



APÉNDICES

Apéndice A: Tablas del Acero de Refuerzo SIDERPERÚ.

Apéndice B: Tablas - Código de Soldadura - Acero de Refuerzo (AWS D1.4/D1.4M).

Apéndice C: Tablas Utilizadas de la Especificación ANSI/AISC 360-10.

Apéndice D: Diseño de Empalmes Soldados.

Apéndice E: Planos de los Empalmes Soldados.

Apéndice F: Formulario de especificación de procedimiento de soldadura (WPS)
(tomado del código AWS D1.4).

Apéndice G: Fotografías de las Probetas Ensambladas a Tracción.

Apéndice H: Fotografías de las Probetas Ensambladas en el Ensayo de Doblez.

Apéndice I: Fotografías de las Probetas Después de la Rotura de Tracción.

Apéndice J: Fotografías de las Probetas Después del Doblado.

Apéndice K: Ficha de Registro (recolección de datos).

Apéndice L: Matriz de Consistencia Lógica de la Investigación.

Apéndice M: Matriz de Operacionalización de Variables.

Apéndice N: Tablas Estadísticas.

Apéndice O: Prueba de Hipótesis Para Datos no Normales con el Test de Wilcoxon.

Apéndice P: Certificado de Calibración de la Máquina Universal – Tracción.

Apéndice Q: Validación de los Ensayos.

Apéndice R: Protocolos de Diseño de Empalmes Soldados.

Apéndice S: Protocolos de Elaboración de Empalmes Soldados.

Apéndice T: Protocolos de Ensayos de Tracción.

Apéndice U: Protocolos de Ensayos de Doblado.

Apéndice V: Protocolos de Procesamiento de Datos de Ensayos de Tracción.

Apéndice A.

Tablas del Acero de Refuerzo SIDERPERÚ

Tabla A.1

Dimensiones y Peso de las Barras de Construcción

Designación	Peso Métrico Nominal (Kg/m)	Dimensiones Nominales			Dimensiones Resaltes		
		Diámetro (mm)	Área Sección Nominal (mm ²)	Perímetro Nominal (mm)	Espaciamiento Promedio Máximo (mm)	Altura Promedio Mínima (mm)	Separación (GAP) 12% del Perímetro Nominal Máxima (mm)
6 mm	0.220	6.0	28	18.80	4.20	0.24	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.10	5.60	0.32	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.90	6.70	0.38	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.70	8.40	0.48	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.90	8.80	0.51	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.90	11.10	0.71	6.10
3/4"	2.235	19.1	284	59.80	13.30	0.97	7.30
1"	3.973	25.4	510	79.80	17.80	1.27	9.70
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.50	25.10	1.80	13.70

Nota: La variación permisible en el peso métrico no excederá el 6% por debajo del peso nominal. Fuente: Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A (2018). Barras de Construcción.

Tabla A.2

Propiedades Mecánicas

Diámetro Nominal (d)	Dimensiones Nominales				Doblado a 180° Diámetro de Mandril de Doblado
	Límite de Fluencia MPa (Kgf/mm ²)	Resistencia de Tracción Mínimo (Kg/mm ²)	Relación Mínima RT/LF	% de Alargamiento Mínimo Lo=200mm	
6 mm	0.220	6.0	28	18.80	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.10	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.90	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.70	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.90	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.90	6.10
3/4"	2.235	19.1	284	59.80	7.30
1"	3.973	25.4	510	79.80	9.70
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.50	13.70

Nota. d = Diámetro nominal de la barra, Lo = Longitud calibrada de la probeta de ensayo. Fuente: Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A (2018). Barras de Construcción.

Apéndice B

Tablas de la Norma AWS D1.4/D1.4M

Tabla B.1

Tensiones Permitidas en Soldaduras

Tipo de Soldadura	Esfuerzo en la Soldadura ^a	Esfuerzo Permitido ^{b,c}	Nivel Requerido de la Resistencia del Metal de Relleno ^d
	Tensión normal al área efectiva	Lo mismo que el metal base.	Se utilizará el metal de relleno coincidente. Ver Tabla B.3
Soldaduras de penetración de unión completa en juntas a tope directo	Compresión normal al área efectiva	Lo mismo que el metal base.	Se puede usar metal de relleno con un nivel de resistencia igual o una clasificación (10 ksi [70 MPa]) menor que el metal de relleno coincidente.
	Corte en las áreas efectivas	0.30 × resistencia nominal a la tracción del metal de relleno, excepto que el esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder 0.40 × límite elástico (esfuerzo de fluencia) del metal base.	Se puede usar metal de relleno con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de relleno coincidente.
Soldaduras de bisel acampanado y de ranura en v acampanado	Compresión normal al área efectiva	Unión no diseñada para soportar	0.50 × resistencia nominal a la tracción del metal de relleno, excepto que el esfuerzo en el metal base no debe exceder 0.60 × límite elástico (esfuerzo de fluencia) del metal base.
		Unión diseñada para soportar	Lo mismo que el metal base.
	Corte en el área efectiva	0.30 × resistencia nominal a la tracción del metal de relleno, excepto que el esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder 0.40 × límite elástico (esfuerzo de fluencia) del metal base.	Se puede usar metal de relleno con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de relleno coincidente.
	Tensión normal al área efectiva	0.30 × resistencia nominal a la tracción del metal de relleno, excepto que el esfuerzo de tensión en el metal base no debe exceder 0.60 × límite elástico	

Tipo de Soldadura	Esfuerzo en la Soldadura ^a	Esfuerzo Permitido ^{b,c} (esfuerzo de fluencia) del metal base.	Nivel Requerido de la Resistencia del Metal de Relleno ^d
Soldaduras de filete	Corte en el área efectiva	0.30 × resistencia nominal a la tracción del metal de relleno	Se puede usar metal de relleno con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de relleno coincidente.

Nota. ^a Para definiciones de área efectiva ver 2.2.8.6. ^b Para fatiga o carga dinámica, consulte el código de construcción aplicable o la especificación para los valores de tensión permitidos. ^c El ingeniero debe ser consciente de que la resistencia del alambre estirado en frío puede reducirse cuando se suelda. ^d Para metales de relleno coincidentes ver la Tabla B.3. Fuente: American Welding Society (2005). Structural Welding Code— Reinforcing Steel.

Tabla B.2

Requisitos de Soldadura de Ranura CJP Para Juntas de Tope Directo

Orientación del eje de barra	Tipos opcionales de soldadura de ranura CJP	Figura B.2 (Opcional)
Horizontal	Simple – V	A
	Doble – V	B
	Simple - V con placa de apoyo	C*
Vertical	Bisel simple	D
	Bisel doble	E
	Bisel simple con placa de apoyo	C*

Nota. * Las barras deben ser de igual diámetro. Fuente: American Welding Society (2005). Structural Welding Code— Reinforcing Steel.

Tabla B.3

Requerimientos de Metales de Relleno Coincidentes

Grupo	Requisito de especificación de acero						Requerimientos del metal de relleno				
	Especificación de acero		Punto límite mínimo/esfuerzo		Resistencia a la tracción mínima		Especificación del electrodo ^a	Punto límite/esfuerzo ^b		Esfuerzo de tensión ^b	
			Ksi	Mpa	Ksi	Mpa		Ksi	Mpa	Ksi	Mpa
I	ASTM A615	Grado 40	40	-	70	-	SMAW AWS A5.1 y A5.5				
							E7015, E7016, E7018, E7028	53-72	365-496	70	482
	ASTM A615M	Grado 300	-	300	-	500	E7015-X, E7016-X, E7018-X				
							E7015-X, E7016-X, E7018-X	57-60	390-415	70-15	480-520
	ASTM A615M	Grado 300	-	300	-	500	GMAW AWS A5.18				
							ER70S-X, E70C-3, E70C-6				
							FCAW AWS A5.20 y A5.29				
							E7XT-X				
	ASTM A615M	Grado 300	-	300	-	500	E7XTX-X				
							E7XTX-X				
(Excepto -2, -3, -10, -13, -14, -GS)											
SMAW AWS A5.5											
II	ASTM A706	Grado 60	60	-	80	-	E8015-X, E8016-X				
							E8018-X				
							GMAW AWS A5.28				
	ASTM A706M	Grado 420	-	420	-	550	ER80S-X, E80C-X, E90C-6				
							ER80S-X, E80C-X, E90C-6				
ASTM A706M	Grado 420	-	420	-	550	FCAW AWS A5.29					
						E8XTX-X					
III	ASTM A615	Grado 60	60	-	90	-	SMAW AWS A5.5				
	ASTM A615M	Grado 420	-	420	-	600	E9015-X, E9016-X				



Grupo	Requisito de especificación de acero						Requerimientos del metal de relleno				
	Especificación de acero		Punto límite mínimo/esfuerzo		Resistencia a la tracción mínima		Especificación del electrodo ^a	Punto límite/esfuerzo ^b		Esfuerzo de tensión ^b	
			Ksi	Mpa	Ksi	Mpa		Ksi	Mpa	Ksi	Mpa
IV	ASTM A615	Grado 75 ^c	75	-	100	-	E9018-X	78	540	90	620
							GMAW AWS A5.28				
							ER90S-X				
							FCAW AWS A5.29				
							E9XTX-X				
							SMAW AWS A5.5				
	ASTM A615M	Grado 520 ^d	-	520	-	700	E10015-X, E10016-X	88-100	610-690	100	690
							E10018-X				
							E10018-M				
							GMAW AWS A5.28				
							ER100S-X, E100C-X				
							FCAW AWS A5.29				
E10XTX-X	88	610	100-120	690-830							

Nota. a Los metales de aporte del grupo de aleaciones B3, B3L, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L o B9 en AWS A5.5, A5.28 o A5.29 se pueden usar cuando se les otorga aprobación previa por el ingeniero. Se deben tener en cuenta las diferencias en la resistencia a la tracción, la ductilidad y la dureza entre el PWHT y las condiciones de soldadura. b Esta tabla se basa en las propiedades de soldadura de metal de relleno. Los valores individuales son mínimos. Los valores con guiones indican mínimos y máximos. c Aplicable a los tamaños de barra Nos. 6 a 18. d Aplicable a los tamaños de barra Nos. 19 a 57. Fuente: American Welding Society (2005). Structural Welding Code— Reinforcing Steel.

Tabla B.4*Tabulación de Posiciones de Soldaduras Ranuradas*

Posición	Diagrama de referencia	Inclinación del eje	Rotación de la cara
Plana	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal	B	0° a 15°	80° a 150° 210° a 280°
Por encima	C	0° a 80°	0° a 80° 280° a 360°
Vertical	D	15° a 80°	80° a 280°
	E	80° a 90°	0° a 360°

Nota. 1. El plano de referencia horizontal siempre se toma por debajo de la soldadura en consideración. 2. La inclinación del eje se mide desde el plano de referencia horizontal hacia el plano de referencia vertical. 3. El ángulo de rotación de la cara está determinado por una línea perpendicular a la cara teórica de la soldadura que pasa a través del eje de la soldadura. La posición de referencia (0°) de rotación de la cara apunta invariablemente en la dirección opuesta a la que aumenta el ángulo del eje. Cuando se mira el punto P, el ángulo de rotación de la cara de la soldadura se mide en el sentido de las agujas del reloj desde la posición de referencia (0°). Fuente: American Welding Society (2005). Structural Welding Code— Reinforcing Steel.

Tabla B.5*Número y Tipo de Pruebas para la Calificación WPS*

Tipo de producción de Junta	Mínimo número de elementos de prueba	Pruebas de tensión	Pruebas Macroetch	Juntas calificadas por figura
A tope directo (Figura B.10A)	2	2	2	Figura B.2
A tope indirecto (Figura B.10C)	2	2	2	Figuras B.3(A), (B) y Figura B.4
A tope indirecto (Figura B.10D)	2	2	2	Figura B.3C

Nota. Fuente: American Welding Society (2005). Structural Welding Code— Reinforcing Steel.

Apéndice C.

Tablas Usadas de la Especificación ANSI/AISC 360-10

Tabla C.1

Resistencia Disponible de Juntas Soldadas (kN)

Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de la Soldadura	Metal Pertinente	ϕ y Ω	Tensión Nominal (F_{nBM} ó F_{nv}) Kgf/cm ² (MPa)	Área Efectiva (A_{BM} ó A_{we}) cm ² (mm ²)	Nivel de resistencia requerida del metal de aporte ^{[a] [b]}
SOLDADURAS DE TOPE CON JUNTA DE PENETRACION COMPLETA					
Tracción Normal al eje de la soldadura	Resistencia de la junta controlada por el metal base		Se debe usar el metal de aporte compatible con el metal base. Para juntas T y de equina sin remoción de soporte, se requiere de metal de aporte con tenacidad especificada. Ver la Sección J2.6.		
Compresión Normal al eje de la soldadura	Resistencia de la junta controlada por el metal base		Se permite metal de aporte con nivel de resistencia igual a un nivel de resistencia menor que el metal de aporte compatible con el metal base.		
Tracción ó Compresión Paralelo al eje de la soldadura	Tracción o compresión en partes unidades paralelas a la soldadura no necesitan ser consideradas en el diseño de soldaduras que unen las partes		Se permite metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.		
Corte	Resistencia de la junta controlada por el metal base		Se debe usar el metal de aporte compatible con el metal base ^[c]		
SOLDADURAS DE TOPE CON JUNTA DE PENETRACION PARCIAL INCLUYENDO SOLDADURAS DE SURCOS V Y BISEL ACAMPANADOS					
Tracción Normal al eje de la soldadura	Base	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	F_u	Ver J4	Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}$	Ver J2.1a	

Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de la Soldadura	Metal Pertinente	ϕ y Ω	Tensión Nominal (F_{nBM} ó F_{nv}) Kgf/cm ² (MPa)	Área Efectiva (A_{BM} ó A_{we}) cm ² (mm ²)	Nivel de resistencia requerida del metal de aporte ^{[a] [b]}
Compresión Columna a plancha base y empalmes de columna diseñadas por Sección J1.4(a).	No se necesita considerar la tensión de compresión en el diseño de soldaduras que conectan las partes.				
Compresión Conexiones de miembros diseñados para soportar que no sean columnas como se describe en la sección J1.4(b).	Base	$\phi = 0.90$ $\Omega = 1.67$	F_y	Ver J4	Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.80$ $\Omega = 1.88$	$0.60F_{EXX}$	Ver J2.1a	
Compresión Conexiones no terminadas para soporte.	Base	$\phi = 0.90$ $\Omega = 1.67$	F_y	Ver J4	
	Soldadura	$\phi = 0.80$ $\Omega = 1.88$	$0.90F_{EXX}$	Ver J2.1a	
Tracción o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No necesita considerar la tracción o compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes.				
Corte	Base	Gobernado por J4			Ver J2.1a
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}$		

SOLDADURAS DE FILETE INCLUYENDO FILETES EN AGUJEROS Y EN RANURAS Y JUNTAS T ESVIADAS

Corte	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}^{[d]}$	Ver J2.2a	
Tensión o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o la compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes.				

SOLDADURAS DE TAPON Y DE RANURA

Corte Paralelo a la superficie de contacto en el área efectiva.	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}$	Ver J2.3a	

Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de la Soldadura	Metal Pertinente	ϕ y Ω	Tensión Nominal (F_{nBM} ó F_{nv}) Kgf/cm2 (MPa)	Área Efectiva (A_{BM} ó A_{we}) cm2 (mm2)	Nivel de resistencia requerida del metal de aporte ^{[a] [b]}
---	------------------	-------------------	--	---	---

SOLDADURAS DE FILETE INCLUYENDO FILETES EN AGUJEROS Y EN RANURAS Y JUNTAS T ESVIADAS

Corte	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}^{[d]}$	Ver J2.2a	
Tensión ó Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o la compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes.				


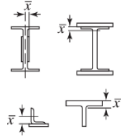

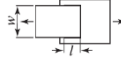

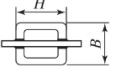
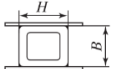




SOLDADURAS DE TAPON Y DE RANURA

Corte Paralelo a la superficie de contacto en el área efectiva.	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte compatible con el metal base.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60F_{EXX}$	Ver J2.3a	

Nota. [a] Para metal de soldadura compatible con metal base ver la Sección 3.3 de AWS D1.1. [b] Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia un nivel mayor que aquel compatible con metal base. [c] Se pueden usar metales de aporte con un nivel de resistencia menor que aquel compatible con metal base para soldaduras de tope entre las almas y alas de secciones armadas transfiriendo las cargas de corte, o en aplicaciones donde la alta condición de restricción es una preocupación. En estas aplicaciones, la junta soldada puede ser detallada y la soldadura puede ser diseñada utilizando el espesor del material como la garganta efectiva, $\phi = 0,80$, $\Omega = 1,88$ y $0,60 F_{EXX}$ como resistencia nominal. [d] Alternativamente, se permiten las disposiciones de la Sección J2.4(a) cuando se considera la compatibilidad de deformaciones de los variados elementos de soldadura. Alternativamente, las Secciones J2.4(b) y (c) son aplicaciones especiales de la Sección J2.4(a) que proveen la compatibilidad de deformación. Fuente: American Institute of Steel Construction (AISC). Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, Tabla J2.5 (p. 189, 190).

Tabla C.2

Factores de Retraso de Cortante - Conectores de Miembros a Tensión

Caso	Descripción del Elemento	Factor de retraso de cortante, U	Ejemplo
1	Todos los miembros a tensión donde la carga de tensión se transmite directamente a cada uno de los elementos de la sección transversal mediante sujetadores o soldadura (excepto en los Casos 4, 5 y 6).	$U = 1.0$	
2	Todos los miembros a tensión, excepto placas y HSS, donde la carga de tensión se transmite a algunos, pero no a todos los elementos de la sección transversal mediante sujetadores o soldadura longitudinal en combinación con soldadura transversal. (En forma alterna, para W, M, S y HP, puede usarse el Caso 7. Para los ángulos, puede usarse el Caso 8.)	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$	
3	Todos los miembros a tensión donde la carga de tensión se transmite solamente por la soldadura transversal a algunos, pero no a todos los elementos de la sección transversal.	U = 1.0 y An = área de los elementos directamente conectados	
4	Placas donde la carga de tensión se transmite solamente por soldadura longitudinal.	$l \geq 2w \dots U = 1.0$	
		$2w > l \geq 1.5w \dots U = 0.87$	
		$1.5w > l \geq w \dots U = 0.75$	
5	HSS redonda con una placa de empalme concéntrica individual	$l \geq 1.3D \dots U = 1.0$	
		$D \leq l < 1.3D \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$	
6	HSS rectangular con una placa de empalme concéntrica individual	$l \geq H \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + H)}$	
	HSS rectangular con dos placas de empalme laterales	$l \geq H \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B + H)}$	
7	Perfiles W, M, S o HP o tes cortadas de estos perfiles. (Si U se calcula según el Caso 2, se permite usar el valor mayor.)	con el patín conectado con 3 o más sujetadores por línea en la dirección de la carga $b_f \geq 2/3d \dots U = 0.90$ $b_f < 2/3d \dots U = 0.85$	
	con el alma conectada con 4 o más sujetadores por línea en la dirección de la carga	U = 0.70	
8	Ángulos individuales y dobles (si U se calcula según el Caso 2, se permite usar el valor mayor)	con 4 o más sujetadores por línea en la dirección de la carga	
	con 3 sujetadores por línea en la dirección de la carga (con menos de 3 sujetadores por línea en la dirección de la carga, use el Caso 2).	U = 0.60	

Nota. l = longitud de la conexión, plg (mm); w = ancho de placa, plg (mm); \bar{x} = excentricidad de la conexión, plg (mm); B = ancho total del miembro rectangular HSS, medido a 90° con el plano de la conexión, plg (mm); H = altura total del miembro rectangular HSS, medida en el plano de la conexión, plg (mm). Fuente: American Institute of Steel Construction (AISC). Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, Tabla D3.1 (p. 93).

Tabla C.3*Garganta Efectiva-Soldaduras de Tope (Junta de Penetración Parcial)*

Proceso de Soldado	Posición de Soldado F (plano), H (horizontal), V (vertical), OH (sobre cabeza)	Tipo de Surco (Figura 3.3, AWS D1.1)	Garganta Efectiva
Arco electrodo revestido (SMAW)	Todos	Bisel J ó U 60° V	Profundidad del bisel
Arco metálico y gas (GMAW)			
Arco con núcleo fundente (FCAW)			
Arco sumergido (SMAW)	F	Bisel J ó U Bisel 60° ó V	
Arco metálico y gas (GMAW)	F, H	Bisel 45°	Profundidad del bisel
Arco con núcleo fundente (FCAW)			
Arco electrodo revestido (SMAW)	Todos	Bisel 45°	
Arco metálico y gas (GMAW)	V, OH	Bisel 45°	Profundidad del bisel menos 3mm
Arco con núcleo fundente (FCAW)			

Nota. Fuente: American Institute of Steel Construction (AISC). Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, Tabla J2.1 (p. 184).

Tabla C.4*Espesor Mínimo de Garganta Efectiva*

Espesor de la parte unida más delgada (mm)	Espesor mínimo de garganta efectiva (mm)
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Entre 19 y 38	8
Entre 38 y 57	10
Entre 57 y 150	13
Mayor que 150	16

Nota. Fuente: American Institute of Steel Construction (AISC). Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, Tabla J2.3 (p. 185).

Apéndice D.

Diseño de Empalmes Soldados

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE DIRECTA CON SOLDADURA DE RANURA BISELADA EN DOBLE "V".

En este caso, corresponde a una soldadura de ranura con penetración completa en la junta. Además, según la Tabla C.1 (Tabla J2.5 del ANSI/AISC 360-10), la tensión es normal al eje de la soldadura (la longitud de la soldadura transversal a la carga, es mayor), por lo que, la resistencia de la junta está controlada por el metal base.

1. PROCESO SMAW

Electrodo a usar será E9018-G

Esfuerzos especificados del metal de relleno (véase el Anexo C):

Electrodo	fy (esfuerzo límite)	fu (esfuerzo de tensión)
E9018-G	81.22 Ksi	91.38 Ksi

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DISPONIBLE EN LA JUNTA SOLDADA

Como la resistencia de la junta está controlada por el metal base, las resistencias serán:

A. Resistencia de fluencia a tensión:

$$R_n = F_y \cdot A_g$$

Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo: $f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Rn = Fy.Ag (Klb)	LRFD: $\phi = 0.90$	ASD: $\Omega = 1.67$
			ANSI/AISC 360-10, D2.a ó J4.1.	ANSI/AISC 360-10, D2.a ó J4.1.
			ϕR_n (Klb)	Rn/ Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	6.70	6.03	4.01
$\phi = 1/2$	0.20	12.18	10.96	7.29

Donde:

LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia ANSI/AISC 360-10, B3.3.
 ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles. ANSI/AISC 360-10, B3.4.
 ϕR_n : Resistencia de diseño. ANSI/AISC 360-10, J4.
 Rn/ Ω : Resistencia Admisible. ANSI/AISC 360-10, J4.

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: **Rn = 4.01 Klb**
 $\phi = 1/2$: **Rn = 7.29 Klb**

B. Resistencia de la fractura o ruptura a tensión:

$$R_n = F_u \cdot A_e$$

Donde: A_e = área neta efectiva: $A_e = A_g \cdot U$ ANSI/AISC 360-10, D3.

U = Factor de corte diferido: $U = 1.00$ Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1: Caso I)

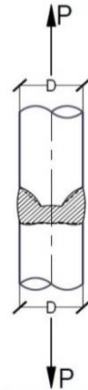
Esfuerzo de rotura del acero: $f_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2$

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Área neta efectiva "Ae" (pulg ²)	Rn = Fu.Ae (Klb)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				ANSI/AISC 360-10, D2.b. ó J4.1	ANSI/AISC 360-10, D2.b. ó J4.1
				ϕR_n (Klb)	Rn/ Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	0.11	9.90	7.42	4.95
$\phi = 1/2$	0.20	0.20	17.98	13.49	8.99

Donde:

LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia
 ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles.
 ϕR_n : Resistencia de diseño.
 Rn/ Ω : Resistencia Admisible

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: **Rn = 4.95 Klb**
 $\phi = 1/2$: **Rn = 8.99 Klb**



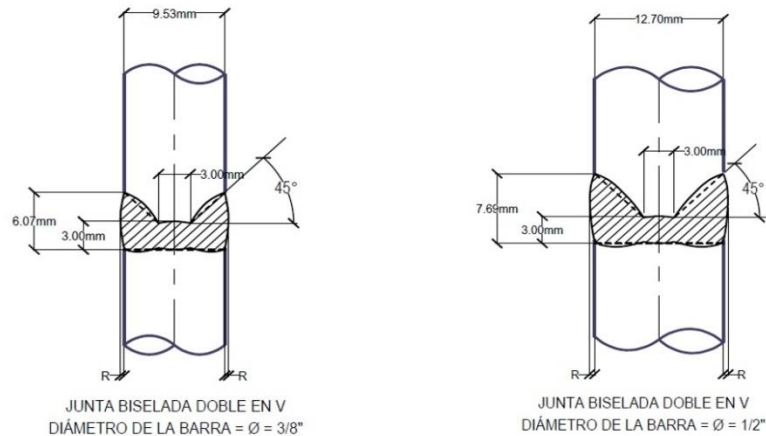
2. PROCESO GMAW

Como la soldadura es de ranura con penetración completa en la junta y la tensión es normal al eje de la soldadura, se sabe que: la resistencia de la junta está controlada por el metal base (Tabla J2.5 del ANSI/AISC 360-10), además los resultados de la resistencia de la junta no depende del tipo de proceso, siendo las resistencias las mismas que fueron determinadas en el proceso SMAW.

3. PROCESO GTAW

Para este proceso la especificación AWS D1.4 no indica las características del metal de relleno a utilizar, además en este tipo de junta la resistencia lo gobierna el metal base. Razón por la cual las resistencias son las mismas.

Finalmente, las dimensiones de la soldadura serán las indicadas en la Figura B.2 (AWS D1.4/D1.4M, Figura 3.2.E, p. 24, 2005).



Donde, el refuerzo de la soldadura "R", se determina de acuerdo a la Figura B.1 (especificación AWS D1.4/D1.4M, Figura 2.1.B, p. 20, 2005).

DISEÑO DE LA JUNTA A SOLAPE CON BARRAS EN CONTACTO CON SOLDADURA DE RANURA DOBLE ACAMPANADA EN "V".

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), se observa que la carga en relación al eje de la soldadura es de corte y paralela al eje de la soldadura, por lo que el metal base se encuentra a tensión y la soldadura está sujeta a corte.

Además, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): el metal base está regido por ANSI/AISC J4.1

Asimismo, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): para la soldadura, la resistencia nominal es $0.60F_{EXX}$, con:

$$\phi = 0.75$$

$$\Omega = 2.00$$

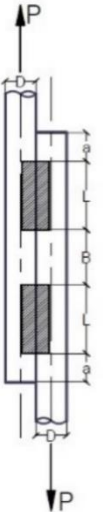
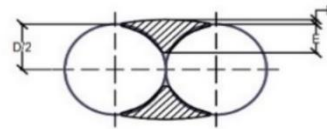
El diseño de la soldadura será para resistir la carga de capacidad plena en el miembro (barra de acero de refuerzo).

I. PROCESO SMAW

A. VALORES DEL METAL BASE:

Resistencia a la fluencia por tensión: $R_n = F_y \cdot A_g$

$f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)



Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	R _n = F _y ·A _g (Klb)	LRFD: $\phi = 0.90$	ASD: $\Omega = 1.67$
			ANSI/AISC 360-10, D2.a. ó J4.1	
			ϕR_n (Klb)	R _n / Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	6.70	6.03	4.01
$\phi = 1/2$	0.20	12.18	10.96	7.29

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia ANSI/AISC 360-10, B3.3.
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles. ANSI/AISC 360-10, B3.4.
- ϕR_n : Resistencia de diseño. ANSI/AISC 360-10, J4.
- R_n/ Ω : Resistencia Admisible. ANSI/AISC 360-10, J4.

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: R_n = 4.01 Klb
 $\phi = 1/2$: R_n = 7.29 Klb

Resistencia de la fractura o ruptura por tensión: $R_n = F_u \cdot A_e$

Donde: A_e = área neta efectiva: $A_e = A_g \cdot U$ ANSI/AISC 360-10, D3.

U = Factor de corte diferido: U = 1.00 Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1): Caso I, suponemos el caso más conservador.

Esfuerzo de rotura del acero: f_u = 89.92 Klb/plg² Valor mínimo de f_u, convertido a Klb/plg², ver Anexo A.

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Área neta efectiva "Ac" (pulg ²)	R _n = F _u ·A _e (Klb)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				ANSI/AISC 360-10, D2.b. ó J4.1	
				ϕR_n (Klb)	R _n / Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	0.11	9.90	7.42	4.95
$\phi = 1/2$	0.20	0.20	17.98	13.49	8.99

Donde:

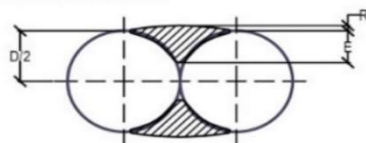
- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles.
- ϕR_n : Resistencia de diseño.
- R_n/ Ω : Resistencia Admisible

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: R_n = 4.95 Klb
 $\phi = 1/2$: R_n = 8.99 Klb

Concluimos que la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

$\phi = 3/8$: R_n = 4.01 Klb resistencia controlada por fluencia
 $\phi = 1/2$: R_n = 7.29 Klb resistencia controlada por fluencia

B. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en "V" con penetración parcial, doble acampanada y a tope.

En este caso, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), corresponde a una soldadura de ranura con penetración parcial en la junta. Además, la carga es cortante paralela al eje de la soldadura, por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura:

DISEÑO DE LA JUNTA A SOLAPE CON BARRAS EN CONTACTO CON SOLDADURA DE RANURA DOBLE ACAMPANADA EN "V".

Resistencia al cortante de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot A_{we}$ corte con dirección paralela al eje de la soldadura

$A_{we} = A_{eff}$ = área efectiva ANSI/AISC 360-10, J2.a

$A_{we} = 4 \cdot E \cdot L$

donde: E = profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
 L = longitud de la soldadura.
 4 es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es **intercalada (intermitente)**, y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10): posición de soldadura: **vertical**
 proceso: **SMAW**
 tipo de surco: **60° en V**

con los datos anteriores, determinamos que la profundidad de bisel de soldadura es igual a la garganta efectiva

En la figura se observa que las partes de metal base a unir tienen un espesor de: $D/2 = 4.76 \text{ mm}$ $\varnothing = 3/8$
 $D/2 = 6.35 \text{ mm}$ $\varnothing = 1/2$

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope, según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: $\varnothing = 3/8$ E min = 3.00 mm
 para: $\varnothing = 1/2$ E min = 5.00 mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10, J3b: si, $d < 16 \text{ mm}$: $E = d$

$d = D/2 = 4.76 \text{ mm}$ $\varnothing = 3/8$ E = 4.76 mm
 $d = D/2 = 6.35 \text{ mm}$ $\varnothing = 1/2$ E = 6.35 mm

Espesor efectivo de soldadura a tomar:

para $\varnothing = 3/8$ ": E = 4.76 mm (tamaño máximo con un pase)
 para $\varnothing = 1/2$ ": E = 6.35 mm (tamaño máximo con un pase)

por lo que la resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot 4E$

Electrodo a usar será: **E9018-G**

Esfuerzos especificados del metal de relleno (véase el Anexo C):

Electrodo	f_y (esfuerzo límite)	F_{EXX} (esfuerzo de tensión)
E9018-G	81.22 Ksi	91.38 Ksi

donde: $f_u = F_{EXX}$

calculamos la resistencia de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot 4E$ donde: 4 es el número de cordones de soldadura

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	E = garganta efectiva (plg)	$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot 4E$ (Klb/plg)	Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5)	
				LRFD: $\varnothing = 0.75$	ASD: $\varnothing = 2.00$
				$\varnothing R_n$ (Klb/plg)	R_n/\varnothing (Klb/plg)
$\varnothing = 3/8$	0.11	0.19	41.12	30.84	20.56
$\varnothing = 1/2$	0.20	0.25	54.83	41.12	27.41

Resistencia de la capacidad a tensión:

LRFD :	$R_n = 6.03 \text{ Klb}$	$\varnothing = 3/8$
ASD :	$R_n = 4.01 \text{ Klb}$	$\varnothing = 3/8$
LRFD :	$R_n = 10.96 \text{ Klb}$	$\varnothing = 1/2$
ASD :	$R_n = 7.29 \text{ Klb}$	$\varnothing = 1/2$

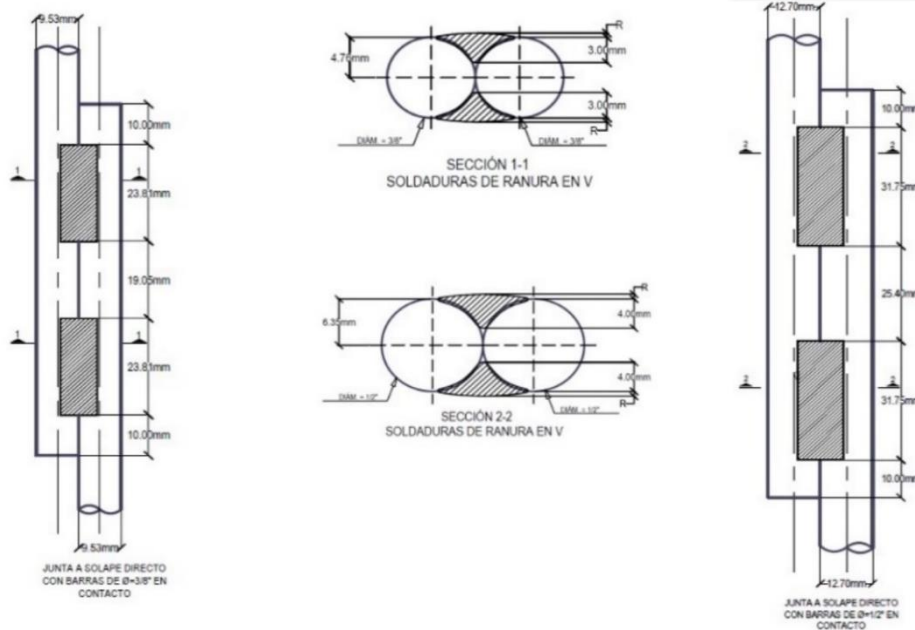
DISEÑO DE LA JUNTA A SOLAPE CON BARRAS EN CONTACTO CON SOLDADURA DE RANURA DOBLE ACAMPANADA EN "V".

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (plg.)	LRFD	ASD
$\varnothing = 3/8$	long = 6.03/30.84 = 0.196 plg	long = 4.01/20.56 = 0.195 plg
$\varnothing = 1/2$	long = 10.96/41.12 = 0.267 plg	long = 7.29/27.41 = 0.266 plg

Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta a la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables:

Diámetro de la barra (plg.)	B _{min} =2 \varnothing (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	a=10mm (UNE-EN ISO 17660-2)	L _{min} =2.5 \varnothing (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S=D/2 (mm)	Espesor efectivo: E=0.6S (mm)	Refuerzo
				Figura B.1 (AWS D1.4, Figura 2.1 B, p.7)		
$\varnothing = 3/8$	19.05	10.00	23.81	4.76	2.86	R \leq 3mm
$\varnothing = 1/2$	25.40	10.00	31.75	6.35	3.81	R \leq 3mm



2. PROCESO GMAW

Al igual que en proceso SMAW, la resistencia de las barras está controlada por:

- $\varnothing = 3/8$: R_n = **4.01 Klb** resistencia controlada por fluencia
- $\varnothing = 1/2$: R_n = **7.29 Klb** resistencia controlada por fluencia

En el diseño de la soldadura, respecto al proceso anterior (SMAW), solo cambia el uso de la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10)

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10):	posición de soldadura: vertical	igual al proceso anterior
	proceso: GMAW	
	tipo de surco: 60° en V	igual al proceso anterior

con los datos anteriores, determinamos que la profundidad de bisel de soldadura es igual a la garganta efectiva

En la figura se observa que las partes de metal base a unir tienen un espesor de:	D/2 = 4.76 mm	$\varnothing = 3/8$
	D/2 = 6.35 mm	$\varnothing = 1/2$

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: $\varnothing = 3/8$	E min = 3.00 mm
para: $\varnothing = 1/2$	E min = 5.00 mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10, J3b: si, d < 16mm: E=d

d = D/2 = 4.76 mm	$\varnothing = 3/8$	E = 4.76 mm
d = D/2 = 6.35 mm	$\varnothing = 1/2$	E = 6.35 mm

DISEÑO DE LA JUNTA A SOLAPE CON BARRAS EN CONTACTO CON SOLDADURA DE RANURA DOBLE ACAMPANADA EN "V".

Espesor efectivo de soldadura a tomar:

para $\phi=3/8"$: E = 4.76 mm (tamaño máximo con un pase)
 para $\phi=1/2"$: E = 6.35 mm (tamaño máximo con un pase)

por lo que la resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es:

$$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot 4E$$

Electrodo a usar será: ER70S-6

Esfuerzos especificados del metal de relleno:

Electrodo	fy (esfuerzo límite)	F _{EXX} (esfuerzo de tensión)
ER70S-6	59.47 Ksi	72.08 Ksi

donde: fu=F_{EXX}

calculamos la resistencia de la soldadura:

$$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot 4E$$

donde: 4 es el número de cordones de soldadura

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	E = garganta efectiva (plg)	R _n = 0.60F _{EXX} ·4E (Klb/plg)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5).	
				ϕR_n (Klb)	R _n / Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	0.19	32.44	24.33	16.22
$\phi = 1/2$	0.20	0.25	43.25	32.44	21.63

Resistencia de la capacidad a tensión:

LRFD : R_n = 6.03 Klb $\phi = 3/8$
 ASD : R_n = 4.01 Klb $\phi = 3/8$

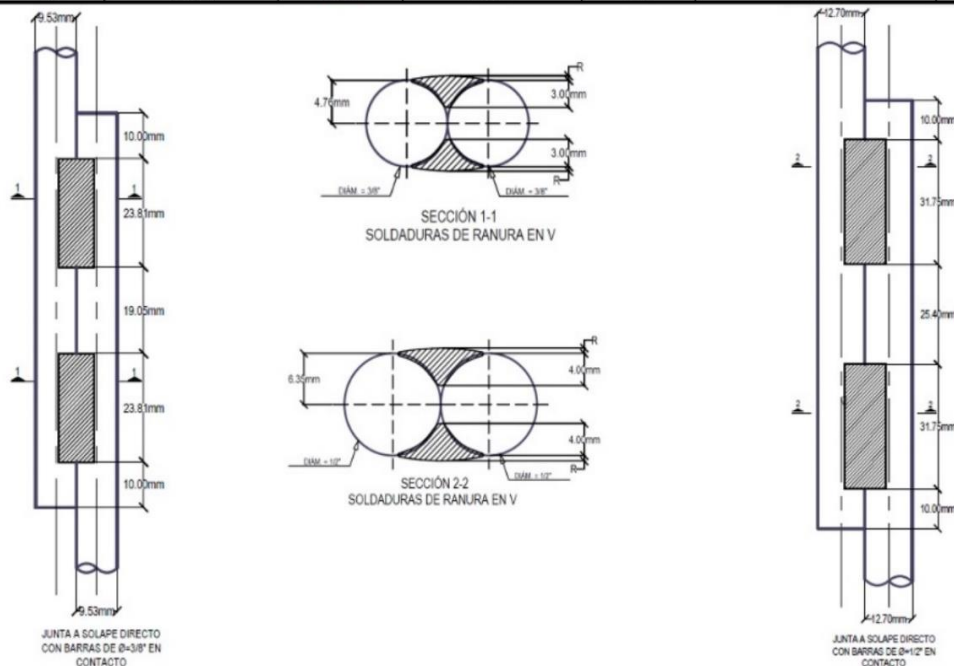
LRFD : R_n = 10.96 Klb $\phi = 1/2$
 ASD : R_n = 7.29 Klb $\phi = 1/2$

Longitud de la soldadura que se requiere:

(plg.)	LRFD	ASD
$\phi = 3/8$	long = 6.03/24.33 = 0.248 plg	long = 4.01/16.22 = 0.248 plg
$\phi = 1/2$	long = 10.96/32.44 = 0.338 plg	long = 7.29/21.63 = 0.337 plg

Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables:

Diámetro de la barra (plg.)	B _{min} =2 ϕ (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	a=10mm (UNE-EN ISO 17660-2)	L _{min} =2.5 ϕ (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S=D/2 (mm)	Espesor efectivo: E=0.6S (mm)	Refuerzo
				Figura B.1 (AWS D1.4, Figura 2.1 B, p.7)		Figura B.5 (AWS D1.4, figura 4.1, p.19)
$\phi = 3/8$	19.05	10.00	23.81	4.76	2.86	R \leq 3mm
$\phi = 1/2$	25.40	10.00	31.75	6.35	3.81	R \leq 3mm



3. PROCESO GTAW

La especificación AWS D1.4, en el artículo 1.4 (Welding Processes), no menciona a este proceso, ni indica las características del metal de relleno a utilizar, indicando que los procesos no recomendados en dicha norma, se pueden usar cuando el ingeniero especialista los apruebe. Razón por la cual consideramos las mismas dimensiones de los procesos anteriores.

4. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO Y LA RESISTENCIA PERMISIBLE DE LOS EMPALMES SOLDADOS DEFINIDOS

Para los 3 procesos de soldadura la disposición de juntas es la misma, donde la longitud y cordón de soldadura serán los mostrados en la figura anterior.

A. VALORES DEL METAL BASE:

Inicialmente se calculó este valor, donde la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)	
	LRFD	ASD
3/8":	6.03	4.01
1/2":	10.96	7.29

B. VALORES DE LA SOLDADURA:

Diám. Del Empalme	Espesor efectivo E (mm)	Longitud cordón L (mm)	número cordones (n):
3/8":	3.00	23.81	4
1/2":	4.00	31.75	4

LRFD: $\phi Rn = \phi \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\phi = 0.75$

ASD: $Rn/\Omega = \left(\frac{1}{\Omega}\right) \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\Omega = 2.00$

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕRn)	ASD (Rn/Ω)	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕRn)	ASD (Rn/Ω)	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕRn)	ASD (Rn/Ω)
3/8":	91.38	18.21	12.14	72.08	14.37	9.58	72.52	14.45	9.64
1/2":	91.38	32.38	21.58	72.08	25.54	17.03	72.52	25.70	17.13

C. RESISTENCIA DEL EMPALME SOLDADO:

Diám. Del Empalme	Resistencia del Empalme Soldado (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	Resistencia de Diseño (ϕRn)	Resistencia Permisible (Rn/Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ϕRn)	Resistencia Permisible (Rn/Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ϕRn)	Resistencia Permisible (Rn/Ω)	Lo gobierna
3/8":	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base
1/2":	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V".

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), se observa que la carga en relación al eje de la soldadura es de corte y paralela al eje de la soldadura, por lo que el metal base se encuentra a tensión y la soldadura está sujeta a corte.

Además, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): el metal base está regido por ANSI/AISC J4.1

Asimismo, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): para la soldadura, la resistencia nominal es $0.60F_{EXX}$, con:

$$\phi = 0.75$$

$$\Omega = 2.00$$

El diseño de la soldadura será para resistir la carga de capacidad plena en el miembro (barra de acero de refuerzo)

1. PROCESO SMAW

A. VALORES DEL METAL BASE:

Resistencia a la fluencia por tensión: $R_n = F_y \cdot A_g$

$f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	R _n = F _y ·A _g (Klb)	LRFD: $\phi = 0.90$	ASD: $\Omega = 1.67$
			ANSI/AISC 360-10, D2.a. ó J4.1	
			ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = D1 = 3/8$	0.11	6.70	6.03	4.01
$\phi = D1 = 1/2$	0.20	12.18	10.96	7.29

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia ANSI/AISC 360-10, B3.3.
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles. ANSI/AISC 360-10, B3.4.
- ϕR_n : Resistencia de diseño. ANSI/AISC 360-10, J4.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible. ANSI/AISC 360-10, J4.

Resistencia que rige:	$\phi = 3/8 :$	R _n =	4.01 Klb
	$\phi = 1/2 :$	R _n =	7.29 Klb

Resistencia de la fractura o ruptura por tensión: $R_n = F_u \cdot A_e$

Donde: $A_e = \text{área neta efectiva: } A_e = A_g \cdot U$ ANSI/AISC 360-10, D3.

$U = \text{Factor de corte diferido: } U = 1.00$ Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1): Caso I, suponemos el caso más conservador.

Esfuerzo de rotura del acero: $f_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2$ Valor mínimo de f_u , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A.

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	Área neta efectiva "A _e " (pulg ²)	R _n = F _u ·A _e (Klb)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				ANSI/AISC 360-10, D2.b. ó J4.1	
				ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	0.11	9.90	7.42	4.95
$\phi = 1/2$	0.20	0.20	17.98	13.49	8.99

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles.
- ϕR_n : Resistencia de diseño.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible

Resistencia que rige:	$\phi = 3/8 :$	R _n =	4.95 Klb
	$\phi = 1/2 :$	R _n =	8.99 Klb

Concluimos que la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

$\phi = 3/8 :$	R _n =	4.01 Klb	resistencia controlada por fluencia
$\phi = 1/2 :$	R _n =	7.29 Klb	resistencia controlada por fluencia

Determinamos el área requerida de las varillas como cubrejuntas:

igualando las posibles fuerzas de tracción a ocurrir en la junta, que corresponde a las 2 cubrejuntas, y a la barra a empalmar (en el estado de fluencia y en el de rotura):

$A_g \cdot f_y = A_c \cdot f_y$ $A_g \cdot f_u = A_c \cdot f_u$

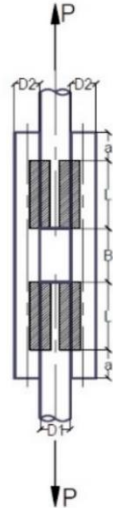
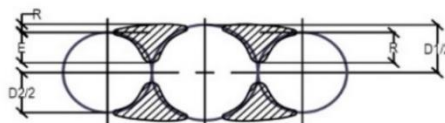
de las ecuaciones anteriores, se tiene que: $A_g = A_c$ calidades de acero iguales

donde:

- A_g:** área de la barra a empalmar
- A_c:** área total de las 2 cubrejuntas

Barra corrugada a empalmar		Barras como cubrejuntas		
Diametro de la barra corrugada a empalmar (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	Diametro seleccionado de la barra corrugada a empalmar (pulg.), para que $A_c \geq A_g$	Área nominal "A _{c1} " (pulg ²)	Área nominal total: $A_c = 2 \cdot A_{c1}$ (pulg ²)
$\phi = D1 = 3/8$	0.11	$\phi = D2 = 8.00 \text{ mm}$	0.078	0.16
$\phi = D1 = 1/2$	0.20	$\phi = D2 = 3/8$	0.11	0.22

B. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V".

Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en "V" con penetración parcial, doble acampanada y a tope.

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), este caso corresponde a una soldadura de ranura con penetración parcial en la junta. Además, la tensión es paralela al eje de la soldadura, por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura:

Resistencia al cortante de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot A_{we}$

donde: $A_{we} = A_{eff}$ = área efectiva ANSI/AISC 360-10, J2.a

Siendo: $A_{we} = 8 \cdot E \cdot L$

donde: E = profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
L = longitud de la soldadura.
8 es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es **intercalada (intermitente)**, y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del . posición de soldadura: vertical
proceso: SMAW
tipo de surco: 60° en V

con los datos anteriores, determinamos que la profundidad de bisel de soldadura es igual a la garganta efectiva

Espeor de la parte unida más delgada, para cada barra a empalmar:

para: $\varnothing = 3/8$ pulg $D_2/2 = 4.00$ mm cubrejuntas de: $\varnothing = 8.00$ mm
para: $\varnothing = 1/2$ pulg $D_2/2 = 4.76$ mm cubrejuntas de: $\varnothing = 3/8$ pulg

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope, según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: $\varnothing = 3/8$ pulg $E_{min} = 3.00$ mm
para: $\varnothing = 1/2$ pulg $E_{min} = 3.00$ mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10, J3b: si, $d < 16$ mm: $E = d$

$d = D_2/2 = 4.00$ mm $E = 4.00$ mm garganta efectiva entre la barra de $\varnothing = 3/8"$ y cubrejunta $\varnothing = 8$ mm
 $d = D_2/2 = 4.76$ mm $E = 4.76$ mm garganta efectiva entre la la barra de $\varnothing = 1/2"$ y cubrejunta $\varnothing = 3/8"$

Espeor efectivo de soldadura a tomar:

para $\varnothing = 3/8$ $E = 4.00$ mm (tamaño máximo con un pase)
para $\varnothing = 1/2$ $E = 4.76$ mm (tamaño máximo con un pase)

Electrodo a usar será: E9018-G

Esfuerzos especificados del metal de relleno (véase el Anexo C):

Electrodo	f_y (esfuerzo límite)	$f_u = F_{EXX}$ (esfuerzo de tensión)
E9018-G	81.22 Ksi	91.38 Ksi

donde: $f_u = F_{EXX}$

calculamos la resistencia de la soldadura por unidad de longitud $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

luego calculamos la longitud, involucrando el número de cordones de soldadura.

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	E: garganta efectiva (plg)	$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$ (Klb/plg)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5)	
				ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\varnothing = 3/8$	0.11	0.16	8.63	6.48	4.32
$\varnothing = 1/2$	0.20	0.19	10.28	7.71	5.14

Resistencia de la capacidad a tensión: LRFD : $R_n = 6.03$ Klb $\varnothing = 3/8$
ASD : $R_n = 4.01$ Klb $\varnothing = 3/8$
LRFD : $R_n = 10.96$ Klb $\varnothing = 1/2$
ASD : $R_n = 7.29$ Klb $\varnothing = 1/2$

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (plg.)	LRFD		ASD	
	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = Lt/8 (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = Lt/8 (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)
$\varnothing = 3/8$	$long = 6.03/6.48 = 0.932$ plg	0.116 plg = 2.96mm	$long = 4.01/4.32 = 0.930$ plg	0.116 plg = 2.95mm
$\varnothing = 1/2$	$long = 10.96/7.71 = 1.422$ plg	0.178 plg = 4.51mm	$long = 7.29/5.14 = 1.419$ plg	0.177 plg = 4.51mm

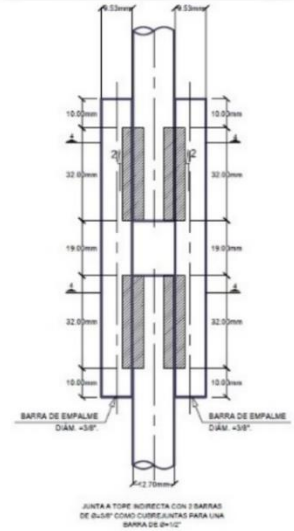
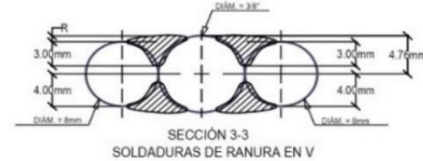
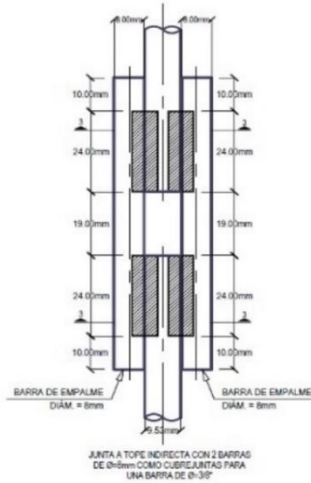
Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables.

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V".

Según la Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41); la longitud del cordón de soldadura se calcula con $L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$

donde: $F_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2$ resistencia a la tracción mínima especificada de la barra
 $F_{xx} = 91.38 \text{ Ksi}$ resistencia a la tracción mínima especificada del metal de soldadura
 $D =$ diámetro de la barra sólida
 $n = 8$ número de conexiones de soldadura de ranura en V acampanada entre una barra y 2 barras de cubrejunta

Diámetro de la barra "D1" (plg.)	Diámetro de la barra cubrejunta "D2" (plg.)	B _{máx} = 19mm Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)	a=10mm (UNE-EN ISO 17660-2)	$L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$		L _{min} =2.5Ø (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S=D/2 (mm)	Espesor efectivo: E=0.6S ₂ (mm)	Refuerzo: R≤3mm
				pulg	mm				
Ø = 3/8	8.00 mm	19.00	10.00	0.24	6.13	23.81	4.00	2.40	R≤3mm
Ø = 1/2	3/8	19.00	10.00	0.32	8.17	31.75	4.76	2.86	R≤3mm



2. PROCESO GMAW

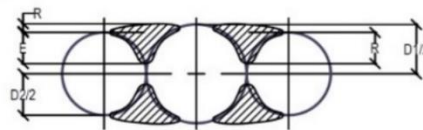
Al igual que en proceso SMAW, la resistencia de las barras está controlada por:

$R_n = 4.01 \text{ Kib}$ resistencia controlada por fluencia
 $R_n = 7.29 \text{ Kib}$ resistencia controlada por fluencia

Área requerida de las varillas como cubrejuntas:

Barra corrugada a empalmar		Barras como cubrejuntas		
Diámetro de la barra corrugada a empalmar (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Diámetro seleccionado de la barra corrugada a empalmar (pulg.), para que $A_c \geq A_g$	Área nominal "Ac1" (pulg ²)	Área nominal total: $A_c = 2 \cdot A_{c1}$ (pulg ²)
Ø = D1 = 3/8	0.11	Ø = D2 = 8.00 mm	0.078	0.16
Ø = D1 = 1/2	0.20	Ø = D2 = 3/8	0.11	0.22

A. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en "V" con penetración parcial, doble acampanada y a tope.

En este caso, corresponde a una soldadura de ranura con penetración parcial en la junta. Además, la tensión es paralela al eje de la soldadura, por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5):

Resistencia al cortante de la soldadura: $R_n = 0.60 F_{EXX} \cdot A_{we}$

donde: $A_{we} = A_{eff}$ - área efectiva ANSI/AISC 360-10, J2.5

Siendo: $A_{we} = 8 \cdot E \cdot L$

donde: $E =$ profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
 $L =$ longitud de la soldadura.
 $8 =$ es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es intercalada (intermitente), y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V".

De la Tabla C.3 (tabla J2.1 del AISC 360-10):
 posición de soldadura: vertical
 proceso: GMAW
 tipo de surco: 60° en V

con los datos anteriores, determinamos que la profundidad de bisel de soldadura es igual a la garganta efectiva

Espesor de la parte unida más delgada, para cada barra a empalmar:

para: Ø=3/8 pulg D₂/2 = 4.00 mm cubrejuntas de: Ø=8.00 mm
 para: Ø=1/2 pulg D₂/2 = 4.76 mm cubrejuntas de: Ø=3/8 pulg

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: Ø=3/8 pulg E min = 3.00 mm
 para: Ø=1/2 pulg E min = 3.00 mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10, J3b: si, d<16mm: E=d

d = D₂/2 = 4.00 mm E = 4.00 mm garganta efectiva entre la barra de Ø = 3/8" y cubrejunta Ø=8mm
 d = D₂/2 = 4.76 mm E = 4.76 mm garganta efectiva entre la barra de Ø = 1/2" y cubrejunta Ø=3/8"

Espesor efectivo de soldadura a tomar:

para Ø=3/8" E = 4.00 mm (tamaño máximo con un pase)
 para Ø=1/2" E = 4.76 mm (tamaño máximo con un pase)

La resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

Electrodo a usar será: ER70S-6
 Esfuerzos especificados del metal de relleno:

Electrodo	f _y (esfuerzo límite)	f _u = F _{EXX} (esfuerzo de tensión)
ER70S-6	59.47 Ksi	72.08 Ksi

donde: fu=FEXX

calculamos la resistencia de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	E: garganta efectiva (plg)	R _n = 0.60F _{EXX} ·E (Klb/plg)	LRFD: Ø = 0.75	ASD: Ω = 2.00
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5).	
				ØR _n (Klb)	R _n /Ω (Klb)
Ø = 3/8	0.11	0.16	6.81	5.11	3.41
Ø = 1/2	0.20	0.19	8.11	6.08	4.05

Resistencia de la capacidad a tensión: LRFD : R_n = 6.03 Klb Ø = 3/8
 ASD : R_n = 4.01 Klb Ø = 3/8
 LRFD : R_n = 10.96 Klb Ø = 1/2
 ASD : R_n = 7.29 Klb Ø = 1/2

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (plg.)	LRFD		ASD	
	Longitud total (L _t)	Longitud de cada cordón = L _t /8 (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)	Longitud total (L _t)	Longitud de cada cordón = L _t /8 (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)
Ø = 3/8	long = 6.03/5.11 = 1.181 plg	0.148 plg = 3.75mm	long = 4.01/3.41 = 1.179 plg	0.147 plg = 3.74mm
Ø = 1/2	long = 10.96/6.08 = 1.802 plg	0.225 plg = 5.72mm	long = 7.29/4.05 = 1.799 plg	0.225 plg = 5.71mm

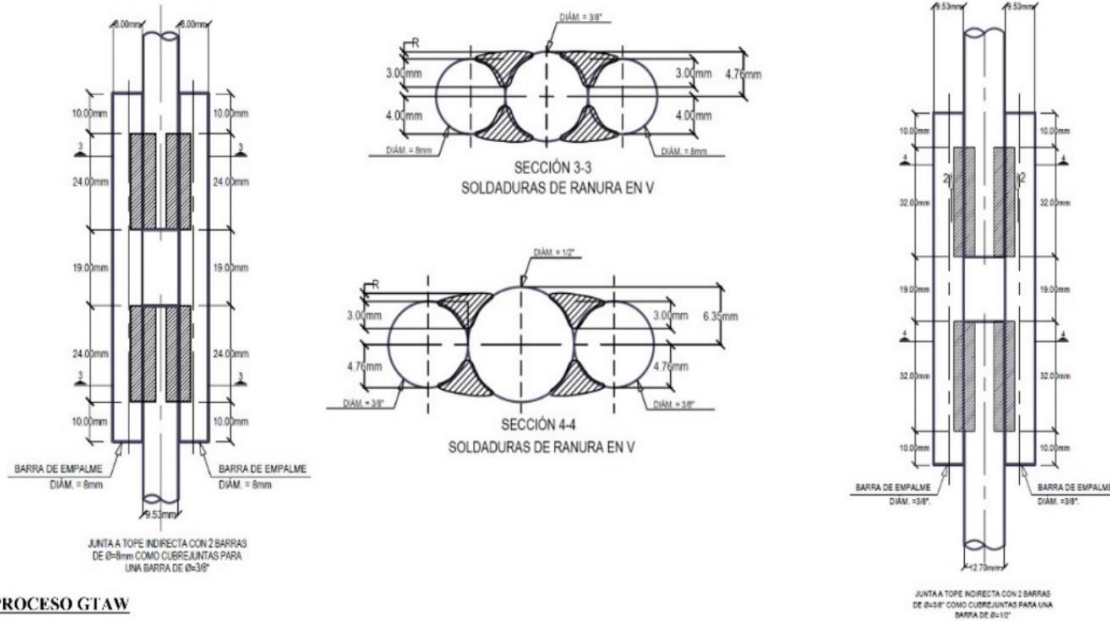
Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables:

Según la Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41), la longitud del cordón de soldadura se calcula con: $L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$

donde: Fu = 89.92 Klb/plg² resistencia a la tracción mínima especificada de la barra
 F_{xx} = 72.08 Ksi resistencia a la tracción mínima especificada del metal de soldadura
 D = diámetro de la barra sólida
 n = 8 número de conexiones de soldadura de ranura en V acampanada entre una barra y 2 barras de cubrejunta

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPAÑADA EN "V".

Diámetro de la barra "D1" (plg.)	Diámetro de la barra cubrejunta "D2" (plg.)	B _{máx} = 19mm Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)	a = 10mm (AWS D1.4)	$L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{EXX}(n)}$		L _{mín} = 2.5Ø (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S = D ₂ /2 (mm)	Espesor efectivo: E = 0.6S ₂ (mm)	Refuerzo
				plg	mm				
Ø = 3/8"	8.00 mm	19.00	10.00	0.31	7.77	23.81	4.00	2.40	Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)
Ø = 1/2"	3/8"	19.00	10.00	0.41	10.36	31.75	4.76	2.86	R ≤ 3mm



3. PROCESO GTAW

La especificación AWS D1.4, en el artículo 1.4 (Welding Processes), no menciona a este proceso, ni indica las características del metal de relleno a utilizar, indicando que los procesos no recomendados en dicha norma, se pueden usar cuando el ingeniero especialista los apruebe. Razón por la cual consideramos las mismas dimensiones de los procesos anteriores.

4. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO Y LA RESISTENCIA PERMISIBLE DE LOS EMPALMES SOLDADOS DEFINIDOS

Para los 3 procesos de soldadura la disposición de juntas es la misma, donde la longitud y cordón de soldadura serán los mostrados en la figura anterior.

A. VALORES DEL METAL BASE:

Inicialmente se calculó este valor, donde la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)	
	LRFD	ASD
3/8"	6.03	4.01
1/2"	10.96	7.29

B. VALORES DE LA SOLDADURA:

Diám. Del Empalme	Espesor efectivo E (mm)	Longitud cordón L (mm)	número cordones (n):
3/8"	3.00	24.00	8.00
1/2"	3.00	32.00	8.00

LRFD: $\phi R_n = \phi \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\phi = 0.75$

ASD: $R_n / \Omega = \left(\frac{1}{\Omega}\right) \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\Omega = 2.00$

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	f _u = F _{EXX} (Ksi)	LRFD (ØR _n)	ASD (R _n /Ω)	f _u = F _{EXX} (Ksi)	LRFD (ØR _n)	ASD (R _n /Ω)	f _u = F _{EXX} (Ksi)	LRFD (ØR _n)	ASD (R _n /Ω)
3/8"	91.38	36.71	24.47	72.08	28.96	19.31	72.52	29.14	19.42
1/2"	91.38	48.95	32.63	72.08	38.61	25.74	72.52	38.85	25.90

C. RESISTENCIA DEL EMPALME SOLDADO:

Diám. Del Empalme	Resistencia del Empalme Soldado (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	Resistencia de Diseño (ØR _n)	Resistencia Permisible (R _n /Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ØR _n)	Resistencia Permisible (R _n /Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ØR _n)	Resistencia Permisible (R _n /Ω)	Lo gobierna
3/8"	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base
1/2"	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPAÑADA EN "V" (PARA BARRAS DE REFUERZO DE 5/8")

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), se observa que la carga en relación al eje de la soldadura es de corte y paralela al eje de la soldadura, por lo que el metal base se encuentra a tensión y la soldadura está sujeta a corte.

Además, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): el metal base está regido por ANSI/AISC J4.1

Asimismo, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): para la soldadura, la resistencia nominal es 0.60FEXX, con:

$$\phi = 0.75$$

$$\Omega = 2.00$$

El diseño de la soldadura será para resistir la carga de capacidad plena en el miembro (barra de acero de refuerzo)

1. PROCESO SMAW

A. VALORES DEL METAL BASE:

Resistencia a la fluencia por tensión:

$$R_n = F_y \cdot A_g$$

$$f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2 \text{ (Valor mínimo de } f_y \text{, convertido a Klb/plg}^2 \text{, ver Anexo A)}$$

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	R _n = F _y ·A _g (Klb)	LRFD: $\phi = 0.90$ ASD: $\Omega = 1.67$	
			ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = D1 = 5/8$	0.31	18.79	16.91	11.25

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia ANSI/AISC 360-10, B3.3.
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles. ANSI/AISC 360-10, B3.4.
- ϕR_n : Resistencia de diseño. ANSI/AISC 360-10, J4.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible. ANSI/AISC 360-10, J4.

Resistencia que rige:

$$\phi = 5/8 : R_n = 11.25 \text{ Klb}$$

Resistencia de la fractura o ruptura por tensión:

$$R_n = F_u \cdot A_e$$

Donde: A_e = área neta efectiva:

$$A_e = A_g \cdot U$$

ANSI/AISC 360-10, D3.

U = Factor de corte diferido:

$$U = 1.00$$

Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1): Caso I, suponemos el caso más conservador.

Esfuerzo de rotura del acero:

$$f_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2 \text{ Valor mínimo de } f_u \text{, convertido a Klb/plg}^2 \text{, ver Anexo A.}$$

Diametro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Área neta efectiva "Ae" (pulg ²)	R _n = F _u ·A _e (Klb)	LRFD: $\phi = 0.75$ ASD: $\Omega = 2.00$	
				ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = 5/8$	0.31	0.31	27.74	20.80	13.87

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles.
- ϕR_n : Resistencia de diseño.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible

Resistencia que rige:

$$\phi = 5/8 : R_n = 13.87 \text{ Klb}$$

Concluimos que la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

$$\phi = 5/8 : R_n = 11.25 \text{ Klb} \text{ resistencia controlada por fluencia}$$

Determinamos el área requerida de las varillas como cubrejuntas:

igualando las posibles fuerzas de tracción a ocurrir en la junta, que corresponde a las 2 cubrejuntas, y a la barra a empalmar (en el estado de fluencia y en el de rotura):

$$A_g \cdot f_y = A_c \cdot f_y$$

$$A_g \cdot f_u = A_c \cdot f_u$$

de las ecuaciones anteriores, se tiene que:

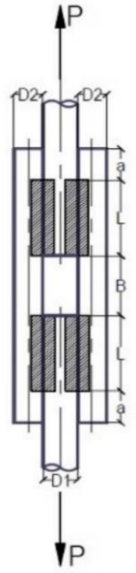
$$A_g = A_c \text{ calidades de acero iguales}$$

donde:

A_g: área de la barra a empalmar

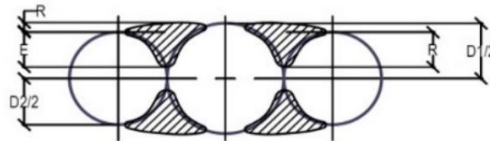
A_c: área total de las 2 cubrejuntas

Barra corrugada a empalmar		Barras como cubrejuntas		
Diametro de la barra corrugada a empalmar (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Diametro seleccionado de la barra corrugada a empalmar (pulg.), para que A _c ≥ A _g	Área nominal "Ac1" (pulg ²)	Área nominal total: A _c = 2·A _{c1} (pulg ²)
$\phi = D1 = 5/8$	0.31	$\phi = D2 = 1/2$	0.20	0.40



DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V" (PARA BARRAS DE REFUERZO DE 5/8")

B. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en "V" con penetración parcial, doble acampanada y a tope.

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), este caso corresponde a una soldadura de ranura con penetración parcial en la junta. Además, la tensión es paralela al eje de la soldadura, por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura:

Resistencia al cortante de la soldadura:

$$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot A_{we}$$

$A_{we} = A_{eff}$ = área efectiva

ANSI/AISC 360-10, J2.a

$$A_{we} = 8 \cdot E \cdot L$$

donde: E = profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
 L = longitud de la soldadura.
 8 es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es **intercalada (intermitente)**, y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10):
 posición de soldadura: vertical
 proceso: SMAW
 tipo de surco: 60° en V

con los datos anteriores, determinamos que la profundidad de bisel de soldadura es igual a la garganta efectiva

Espeor de la parte unida más delgada, para cada barra a empalmar:

para: $\varnothing = 5/8$ pulg $D/2 = 6.35$ mm cubrejuntas de: $\varnothing = 1/2$ pulg

Determinamos el espeor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope, según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: $\varnothing = 5/8$ pulg $E_{min} = 5.00$ mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10, J3b: si, $d < 16$ mm: $E = d$

$d = D/2 = 6.35$ mm $E = 6.35$ mm garganta efectiva entre la barra de $\varnothing = 5/8$ " y cubrejunta $\varnothing = 1/2$ "

Espeor efectivo de soldadura a tomar:

para $\varnothing = 5/8$ " : $E = 6.35$ mm (tamaño máximo con un pase)

La resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es:

$$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$$

Electrodo a usar es: E7018

Esfuerzos especificados del metal de relleno:

Electrodo	f_y (esfuerzo límite)	$f_u = F_{EXX}$ (esfuerzo de tensión)
E7018	58.02 Ksi	75.42 Ksi

donde: $f_u = F_{EXX}$

calculamos la resistencia de la soldadura:

$$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$$

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	E: garganta efectiva (plg)	$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$ (Klb/plg)	LRFD: $\varnothing = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5)	
				$\varnothing R_n$ (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\varnothing = 5/8$	0.31	0.25	11.31	8.48	5.66

Resistencia de la capacidad a tensión:

LRFD : $R_n = 16.91$ Klb $\varnothing = 5/8$
 ASD : $R_n = 11.25$ Klb $\varnothing = 5/8$

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V" (PARA BARRAS DE REFUERZO DE 5/8")

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (plg.)	LRFD		ASD	
	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = $Lt/8$ (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = $Lt/8$ (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)
$\emptyset = 5/8$	$long = 16.91/8.48 = 1.993$ plg	0.249 plg = 6.33 mm	$long = 11.25/5.6\epsilon 1.989$ plg	0.249 plg = 6.32 mm

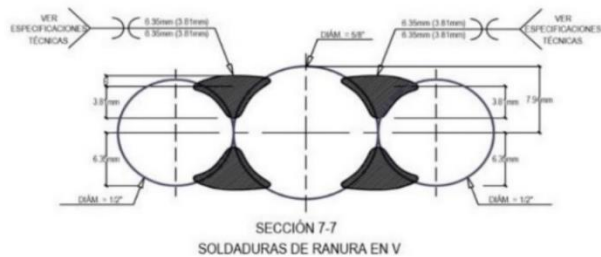
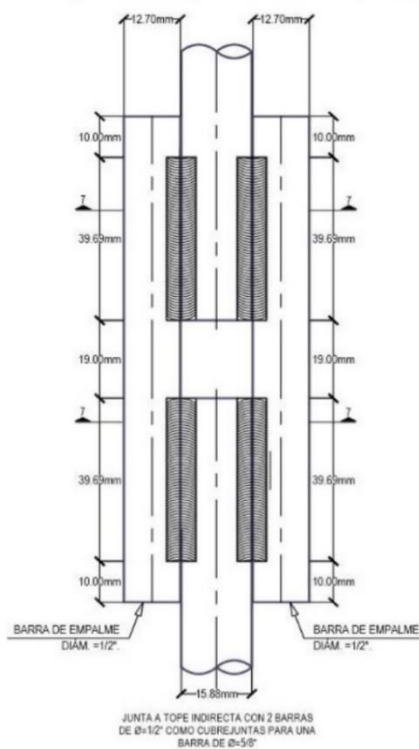
Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables.

Según la Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41); la longitud del cordón de soldadura se calcula con:

$$L_c = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$$

donde: $F_u = 89.92$ Kib/plg2 resistencia a la tracción mínima especificada de la barra
 $F_{xx} = 75.42$ Ksi resistencia a la tracción mínima especificada del metal de soldadura
 $D =$ diámetro de la barra sólida
 $n = 8$ número de conexiones de soldadura de ranura en V acampanada entre una barra y 2 barras de cubrejunta

Diámetro de la barra "D1" (plg.)	Diámetro de la barra cubrejunta "D2" (plg.)	B _{máx} = 19mm Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)	a = 10mm (AWS D1.4)	$L_c = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$		L _{mín} = 2.5 \emptyset (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S2 = D2/2 (mm) (AWS D1.4, figura 2.1 B, p.20)	Espesor efectivo: E = 0.6S2 (mm)	Refuerzo: (AWS D1.4, figura 4.1, p.32)
				pulg	mm				
$\emptyset = 5/8$	1/2	19.00	10.00	0.49	12.37	39.69	6.35	3.81	R \leq 3mm



2. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO Y LA RESISTENCIA PERMISIBLE DE LOS EMPALMES SOLDADOS DEFINIDOS

El espesor y la longitud de cordón de soldadura son los mostrados en la figura anterior.

A. VALORES DEL METAL BASE:

Inicialmente se calculó este valor, donde la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Kib)	
	LRFD	ASD
5/8"	16.91	11.25

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS COMO CUBREJUNTAS CON SOLDADURA DE RANURA ACAMPANADA EN "V" (PARA BARRAS DE REFUERZO DE 5/8")

B. VALORES DE LA SOLDADURA:

Diám. Del Empalme	Espesor efectivo E (mm)	Longitud cordón L (mm)	número cordones (n):
5/8":	3.81	39.69	8.00

LRFD: $\phi R_n = \phi \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\phi = 0.75$

ASD: $R_n / \Omega = \left(\frac{1}{\Omega} \right) \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\Omega = 2.00$

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño - SMAW (Klb)		
	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕR_n)	ASD (R_n / Ω)
5/8":	75.42	63.64	42.43

C. RESISTENCIA DEL EMPALME SOLDADO:

Diám. Del Empalme	Resistencia del Empalme Soldado-SMAW (Klb)		
	Resistencia de Diseño (ϕR_n)	Resistencia Permissible (R_n / Ω)	Lo gobierna
5/8":	16.91	11.25	metal base

JUNTA A TOPE INDIRECTA CON UN ÁNGULO ESTRUCTURAL COMO CUBREJUNTA

Según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5), se observa que la carga en relación al eje de la soldadura es de corte y paralela al eje de la soldadura, por lo que el metal base se encuentra a tensión y la soldadura está sujeta a corte.

Además, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): el metal base está regido por ANSI/AISC J4.1

Asimismo, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5): para la soldadura, la resistencia nominal es $0.60F_{rx}$, con:

$$\phi = 0.75$$

$$\Omega = 2.00$$

I. PROCESO SMAW

A. VALORES DEL METAL BASE:

A.1. PARA EL ACERO DE REFUERZO ASTM A615 GRADO 60:

Resistencia a la fluencia por tensión: $R_n = F_y \cdot A_g$

$f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	R _n = F _y ·A _g (Klb)	LRFD: $\phi = 0.90$	ASD: $\Omega = 1.67$
			ANSI/AISC 360-10, D2.a. ó J4.1	
			ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = D = 3/8$	0.11	6.70	6.03	4.01
$\phi = D = 1/2$	0.20	12.18	10.96	7.29

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia ANSI/AISC 360-10, B3.3.
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles. ANSI/AISC 360-10, B3.4.
- ϕR_n : Resistencia de diseño. ANSI/AISC 360-10, J4.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible. ANSI/AISC 360-10, J4.

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: $R_n = 4.01 \text{ Klb}$
 $\phi = 1/2$: $R_n = 7.29 \text{ Klb}$

Resistencia de la fractura o ruptura por tensión: $R_n = F_u \cdot A_e$

Donde: $A_e =$ área neta efectiva: $A_e = A_g \cdot U$ ANSI/AISC 360-10, D3.

$U =$ Factor de corte diferido: $U = 1.00$ Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1): Caso I, suponemos el caso más conservador.

Esfuerzo de rotura del acero: $f_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2$ Valor mínimo de f_u , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A.

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	Área neta efectiva "A _e " (pulg ²)	R _n = F _u ·A _e (Klb)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				ANSI/AISC 360-10, D2.b. ó J4.1	
				ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\phi = 3/8$	0.11	0.11	9.90	7.42	4.95
$\phi = 1/2$	0.20	0.20	17.98	13.49	8.99

Donde:

- LRFD: Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia
- ASD: Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles.
- ϕR_n : Resistencia de diseño.
- R_n/Ω : Resistencia Admisible

Resistencia que rige: $\phi = 3/8$: $R_n = 4.95 \text{ Klb}$
 $\phi = 1/2$: $R_n = 8.99 \text{ Klb}$

Concluimos que la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

$\phi = 3/8$: **$R_n = 4.01 \text{ Klb}$** resistencia controlada por fluencia
 $\phi = 1/2$: **$R_n = 7.29 \text{ Klb}$** resistencia controlada por fluencia

Determinamos el área de la sección transversal requerida de los ángulos estructurales como cubrejuntas:

Igualando las posibles fuerzas de tracción a ocurrir en la junta, que corresponde al ángulo estructural, y a la barra a empalmar (en el estado de fluencia y en el de rotura):

$$A_g \cdot f_y = A_c \cdot f_{y_{estr}} \quad A_g \cdot f_u = A_c \cdot f_{u_{estr}}$$

Para la barra de refuerzo ASTM A615 GRADO 60: $f_y = 60.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)
 $f_u = 89.92 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_u , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo A)

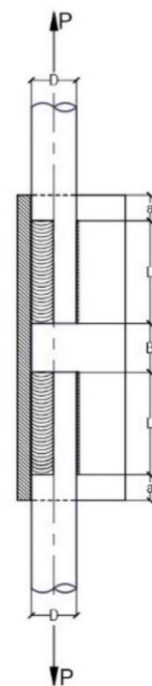
Para el perfil estructural-acero ASTM A36/36M: $f_{y_{estr}} = 36.70 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_y , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo B)
 $f_{u_{estr}} = 59.18 \text{ Klb/plg}^2$ (Valor mínimo de f_u , convertido a Klb/plg^2 , ver Anexo B).

de las ecuaciones anteriores, se tiene que:

$A_c = 1.66 A_g$ seleccionamos el área mayor para el ángulo estructural, para asegurar que no falle antes que barra de refuerzo circular
 $A_c = 1.52 A_g$

donde:

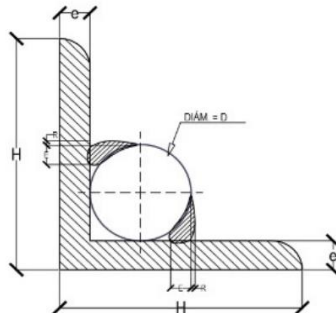
- A_g**: área de la barra a empalmar
- A_c**: área total de la cubrejunta (ángulo estructural)



JUNTA A TOPE INDIRECTA CON UN ÁNGULO ESTRUCTURAL COMO CUBREJUNTA

Barra corrugada a empalmar		Ángulo estructural como cubrejunta			
Diametro de la barra corrugada a empalmar (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Dimensiones seleccionadas del ángulo estructural (pulg.), para que $A_c \geq 1.66 A_g$		Área nominal "Ac1" (pulg ²)	Cumple con: $A_c \geq 1.66 A_g$
$\phi = D = 3/8$	0.11	H = 25.00 mm	e = 3.00 mm	0.219	OK
$\phi = D = 1/2$	0.20	H = 1 1/4	e = 3/16	0.434	OK

A. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en bisel acampanado.

excentricidad respecto al eje de la soldadura (actúa a lo largo del eje de la barra circular) por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5):

Resistencia al cortante de la soldadura: $R_n = 0.60 F_{EXX} \cdot A_{we}$

$A_{we} = A_{eff}$ = área efectiva ANSI/AISC 360-10, J2.a

$A_{we} = 4 \cdot E \cdot L$

donde: E = profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
 L = longitud de la soldadura.
 4 es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es **intercalada (intermitente)**, y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10):
 posición de soldadura: vertical
 proceso: SMAW
 tipo de surco: 45° - Bisel

con los datos anteriores, determinamos que la garganta efectiva es igual a la profundidad de bisel menos 3mm

para: $\phi = 3/8$ pulg	$D/2 = 4.76$ mm	garganta efectiva = 1.76 mm	redondeo: 2.00 mm
para: $\phi = 1/2$ pulg	$D/2 = 6.35$ mm	garganta efectiva = 3.35 mm	4.00 mm

Espesor de la parte unida más delgada, para cada barra a empalmar:

para: $\phi = 3/8$ pulg	$D/2 = 4.76$ mm	cubrejunta ángulo estructural de: e=3.00 mm
para: $\phi = 1/2$ pulg	$D/2 = 6.35$ mm	cubrejuntas ángulo estructural de: e = 3/16 pulg

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope, de la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para: $\phi = 3/8$ pulg	E min = 3.00 mm
para: $\phi = 1/2$ pulg	E min = 5.00 mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

Además, según las limitaciones indicadas en ANSI/AISC 360-10 si, $d < 16$ mm: $E = d$

$d = D/2 = 4.76$ mm	E = 4.76 mm	garganta efectiva entre la barra de $\phi = 3/8$ " y placa del ángulo estructural
$d = D/2 = 6.35$ mm	E = 6.35 mm	garganta efectiva entre la la barra de $\phi = 1/2$ " y placa del ángulo estructural

Espesor efectivo de soldadura a tomar:

para $\phi = 3/8$ "	E = 4.76 mm	(tamaño máximo con un pase)
para $\phi = 1/2$ "	E = 6.35 mm	(tamaño máximo con un pase)

La resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es: $R_n = 0.60 F_{EXX} \cdot E$

JUNTA A TOPE INDIRECTA CON UN ÁNGULO ESTRUCTURAL COMO CUBREJUNTA

Electrodo a usar es: E9018-G
 Esfuerzos especificados del metal de relleno:

Electrodo	fy (esfuerzo límite)	fu = F _{EXX} (esfuerzo de tensión)
E9018-G	81.22 Ksi	91.38 Ksi

donde: fu=F_{EXX}

calculamos la resistencia de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "A _g " (pulg ²)	E: garganta efectiva (pulg)	R _n = 0.60F _{EXX} ·E (Klb/pulg)	LRFD: Ø = 0.75	ASD: Ω = 2.00
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5)	
				ØR _n (Klb)	R _n /Ω (Klb)
Ø = 3/8	0.11	0.19	10.28	7.71	5.14
Ø = 1/2	0.20	0.25	13.71	10.28	6.85

Resistencia de la capacidad a tensión:

LRFD:	R _n =	6.03 Klb	Ø = 3/8
ASD:	R _n =	4.01 Klb	Ø = 3/8
LRFD:	R _n =	10.96 Klb	Ø = 1/2
ASD:	R _n =	7.29 Klb	Ø = 1/2

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (pulg.)	LRFD			ASD	
	Longitud total (L)	Longitud de cada cordón = Lt/4 (donde 4 es el número de cordones en la junta soldada)	Longitud total (L)	Longitud de cada cordón = Lt/4 (donde 4 es el número de cordones en la junta soldada)	
Ø = 3/8	long = 6.03/7.71 = 0.783 plg	0.196 plg = 4.97mm	long = 4.01/5.14 = 0.781 plg	0.195 plg = 4.96mm	
Ø = 1/2	long = 10.96/10.28 = 1.066 plg	0.267 plg = 6.77mm	long = 7.29/6.85 = 1.064 plg	0.266 plg = 6.76mm	

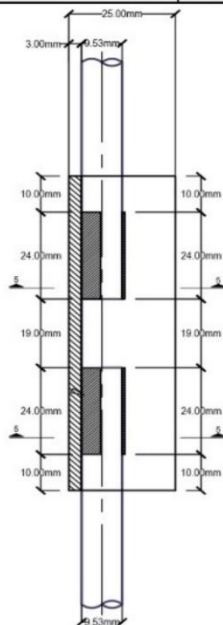
Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables:

Según la Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41); la longitud del cordón de soldadura se calcula con:

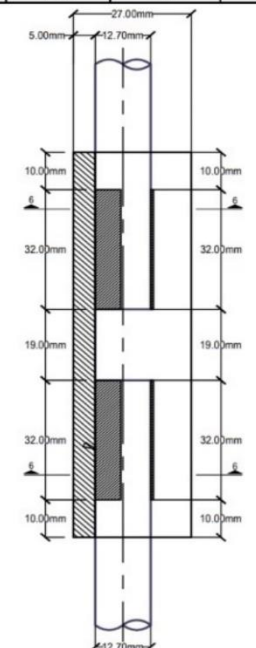
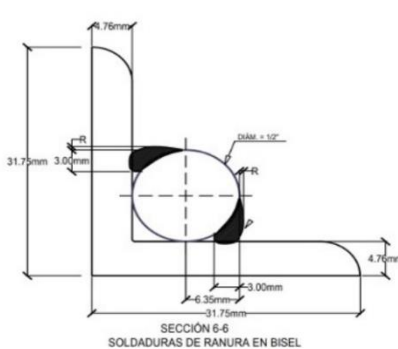
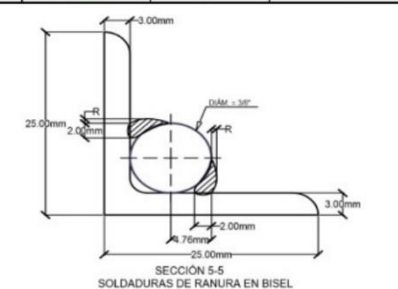
$$L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$$

donde: Fu = 89.92 Klb/plg² resistencia a la tracción mínima especificada de la barra
 F_{xx} = 91.38 Ksi resistencia a la tracción mínima especificada del metal de soldadura
 D = diámetro de la barra sólida
 n = 4 número de conexiones de soldadura de ranura en V acampanada entre una barra y 2 barras de cubrejunta

Diámetro de la barra "D" (pulg.)	Dimensiones de la cubrejunta-ángulo estructural	B _{máx} = 19mm Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)	a = 10mm (AWS D1.4)	$L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$		L _{min} = 2.5Ø (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	S = D/2 (mm)	Espesor efectivo: E = 0.4S (mm)	Refuerzo: Figura B.5 (AWS D1.4, figura 4.1, p.19)
				pulg	mm				
Ø = 3/8	H=25mm, e=3mm	19.00	10.00	0.48	12.26	23.81	4.76	2.00	R ≤ 3mm
Ø = 1/2	H=1 1/4", e=3/16"	19.00	10.00	0.64	16.34	31.75	6.35	3.00	R ≤ 3mm



JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL 1.25mmX25mmX3mm* COMO CUBREJUNTA PARA UNA BARRA DE Ø=3/8".



JUNTA A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL 1.25mmX25mmX3mm* COMO CUBREJUNTA PARA UNA BARRA DE Ø=1/2".

2. PROCESO GMAW

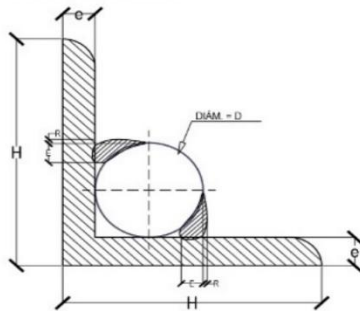
Al igual que en proceso SMAW, la resistencia de las barras está controlada por:

- € Rn = 4.01 Klb resistencia controlada por fluencia
- € Rn = 7.29 Klb resistencia controlada por fluencia

Área requerida de los ángulos estructurales como cubrejuntas:

Barra corrugada a empalmar		Barras como cubrejuntas			
Diametro de la barra corrugada a empalmar (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	Diametro seleccionado de la barra corrugada a empalmar (pulg.), para que $A_c \geq 1.66 A_g$		Área nominal "Ac1" (pulg ²)	Cumple con: $A_c \geq 1.66 A_g$
$\emptyset = D = 3/8$	0.11	II = 25.00 mm	e = 3.00 mm	0.219	OK
$\emptyset = D = 1/2$	0.20	H = 1 1/4	e = 3/16	0.434	OK

A. DISEÑO DE LA SOLDADURA:



Como se observa en la figura, la soldadura es de ranura en bisel acampanado.

En este caso, corresponde a una soldadura de ranura con penetración parcial en la junta. Además, la tensión es paralela al eje de la soldadura, y esta fuerza tiene excentricidad respecto al eje de la soldadura (actúa a lo largo del eje de la barra circular) por lo que calculamos la resistencia al cortante de la soldadura, según la Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5):

Resistencia al cortante de la soldadura: $R_n = 0.60 F_{EXX} A_{we}$

$A_{we} = A_{eff} =$ área efectiva ANSI/AISC 360-10, J2.a

$A_{we} = 4 E L$

- donde:
- E = profundidad de bisel de soldadura (garganta efectiva).
 - L = longitud de la soldadura.
 - 4 es el número de cordones de soldadura

Nota: la soldadura es **intercalada (intermitente)**, y como se observa en la figura, la junta posee 2 longitudes iguales de soldadura en un lado de la junta, de manera que se garantice la ductilidad y se evite la falla frágil, cuando el acero de refuerzo esté sometido a esfuerzos externos.

De la Tabla C.3 (Tabla J2.1 del AISC 360-10):

posición de soldadura:	vertical
proceso:	GMAW
tipo de surco:	45°- Bisel

con los datos anteriores, determinamos que la garganta efectiva es igual a la profundidad de bisel menos 3mm

para:	$\emptyset = 3/8$ pulg	$D/2 = 4.76$ mm	garganta efectiva = 1.76 mm	redondeo: 2.00 mm
para:	$\emptyset = 1/2$ pulg	$D/2 = 6.35$ mm	garganta efectiva = 3.35 mm	4.00 mm

Espesor de la parte unida más delgada, para cada barra a empalmar:

para:	$\emptyset = 3/8$ pulg	$D/2 = 4.76$ mm	cubrejunta ángulo estructural de:	e = 3.00 mm
para:	$\emptyset = 1/2$ pulg	$D/2 = 6.35$ mm	cubrejuntas ángulo estructural de:	e = 3/16 pulg

Determinamos el espesor mínimo de la garganta efectiva, para cada diámetro de las barras a soldar a tope, según la Tabla C.4 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.3):

para:	$\emptyset = 3/8$ pulg	E min = 3.00 mm
para:	$\emptyset = 1/2$ pulg	E min = 5.00 mm

Nota: en la vista transversal se observa que la soldadura es a tope.

JUNTA A TOPE INDIRECTA CON UN ÁNGULO ESTRUCTURAL COMO CUBREJUNTA

Además, según las limitaciones indicadas en ANS/AISC 360-10, J3b: si, $d < 16\text{mm}$: $E = d$

$d = D/2 = 4.76\text{ mm}$ $E = 4.76\text{ mm}$ garganta efectiva entre la barra de $\varnothing = 3/8"$ y placa del ángulo estructural
 $d = D/2 = 6.35\text{ mm}$ $E = 6.35\text{ mm}$ garganta efectiva entre la barra de $\varnothing = 1/2"$ y placa del ángulo estructural

Espesor efectivo de soldadura a tomar:

para $\varnothing = 3/8"$: $E = 4.76\text{ mm}$ (tamaño máximo con un pase)
 para $\varnothing = 1/2"$: $E = 6.35\text{ mm}$ (tamaño máximo con un pase)

La resistencia de la soldadura por unidad de pulgada es: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

Electrodo a usar será: ER70S-6
 Esfuerzos especificados del metal de relleno:

Electrodo	f_y (esfuerzo límite)	$f_u = F_{EXX}$ (esfuerzo de
ER70S-6	59.47 Ksi	72.08 Ksi

donde: $f_u = F_{EXX}$

calculamos la resistencia de la soldadura: $R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$

Diámetro de la barra corrugada (pulg.)	Área nominal "Ag" (pulg ²)	E: garganta efectiva (plg)	$R_n = 0.60F_{EXX} \cdot E$ (Klb/plg)	LRFD: $\phi = 0.75$	ASD: $\Omega = 2.00$
				Tabla C.1 (ANSI/AISC 360-10, Tabla J2.5)	
				ϕR_n (Klb)	R_n/Ω (Klb)
$\varnothing = 3/8$	0.11	0.19	8.11	6.08	4.05
$\varnothing = 1/2$	0.20	0.25	10.81	8.11	5.41

Resistencia de la capacidad a tensión:

LRFD :	$R_n = 6.03\text{ Klb}$	$\varnothing = 3/8$
ASD :	$R_n = 4.01\text{ Klb}$	$\varnothing = 3/8$
LRFD :	$R_n = 10.96\text{ Klb}$	$\varnothing = 1/2$
ASD :	$R_n = 7.29\text{ Klb}$	$\varnothing = 1/2$

Longitud de la soldadura que se requiere:

Diámetro de la barra (plg.)	LRFD		ASD	
	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = $Lt/4$ (donde 8 es el número de cordones en la junta soldada)	Longitud total (Lt)	Longitud de cada cordón = $Lt/4$ (donde 4 es el número de cordones en la junta soldada)
$\varnothing = 3/8$	$long = 6.03/6.08 = 0.992\text{ plg}$	$0.248\text{ plg} = 6.30\text{mm}$	$long = 4.01/4.05 = 0.990\text{ plg}$	$0.248\text{ plg} = 6.29\text{mm}$
$\varnothing = 1/2$	$long = 10.96/8.11 = 1.352\text{ plg}$	$0.338\text{ plg} = 8.58\text{mm}$	$long = 7.29/5.41 = 1.349\text{ plg}$	$0.337\text{ plg} = 8.57\text{mm}$

Se observa que las longitudes obtenidas son menores a las indicadas en la especificación AWS D1.4, por lo cual usamos las dimensiones mínimas señaladas en esta norma, así mismo se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 17660-2, tomando finalmente las dimensiones más favorables:

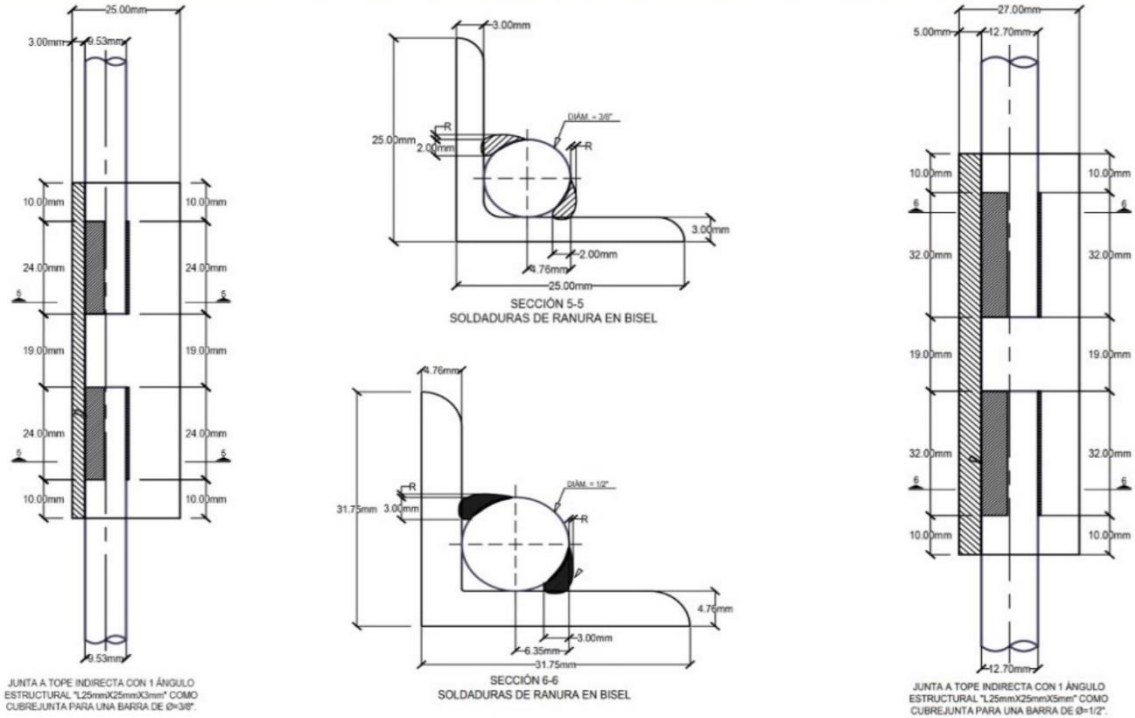
Según, AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41; la longitud del cordón de soldadura se calcula con: $L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{XX}(n)}$

donde: $F_u = 89.92\text{ Klb/plg}^2$ resistencia a la tracción mínima especificada de la barra
 $F_{XX} = 72.08\text{ Ksi}$ resistencia a la tracción mínima especificada del metal de soldadura
 $D =$ diámetro de la barra sólida
 $n = 4$ número de conexiones de soldadura de ranura en V acampanada entre una barra y 2 barras de cubrejunta

Diámetro de la barra "D" (plg.)	Diámetro de la barra cubrejunta "D2" (plg.)	$B_{máx} = 19\text{mm}$ Figura B.10 (AWS D1.4, figura 6.5 B, p.41)	$a = 10\text{mm}$ (AWS D1.4)	$L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{XX}(n)}$		$L_{min} = 2.5\varnothing$ (mm) (UNE-EN ISO 17660-2)	$S = D/2$ (mm)	Espesor efectivo: $E = 0.4S$ (mm)	Refuerzo:
				pulg	mm				
$\varnothing = 3/8$	H=25mm, e=3mm	19.00	10.00	0.61	15.54	23.81	4.76	2.00	Figura B.5 (AWS D1.4, figura 4.1, p.19) $R \leq 3\text{mm}$
$\varnothing = 1/2$	H=1 1/4", e=3/16"	19.00	10.00	0.82	20.71	31.75	6.35	3.00	$R \leq 3\text{mm}$



JUNTA A TOPE INDIRECTA CON UN ÁNGULO ESTRUCTURAL COMO CUBREJUNTA



3. PROCESO GTAW

La especificación AWS D1.4, en el artículo 1.4 (Welding Processes), no menciona a este proceso, ni indica las características del metal de relleno a utilizar, indicando que los procesos no recomendados en dicha norma, se pueden usar cuando el ingeniero especialista los apruebe. Razón por la cual consideramos las mismas dimensiones de los procesos anteriores.

4. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO Y LA RESISTENCIA PERMISIBLE DE LOS EMPALMES SOLDADOS DEFINIDOS

Para los 3 procesos de soldadura la disposición de juntas es la misma, donde la longitud y cordón de soldadura serán los mostrados en la figura anterior.

A. VALORES DEL METAL BASE:

Inicialmente se calculó este valor, donde la capacidad a la tensión de la barra está controlada por:

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)	
	LRFD	ASD
3/8"	6.03	4.01
1/2"	10.96	7.29

B. VALORES DE LA SOLDADURA:

Diám. Del Empalme	Espesor efectivo E (mm)	Longitud cordón L (mm)	número cordones (n):
3/8"	2.00	24.00	4
1/2"	3.00	32.00	4

LRFD: $\phi R_n = \phi \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\phi = 0.75$

ASD: $R_n / \Omega = \left(\frac{1}{\Omega} \right) \cdot 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ $\Omega = 2.00$

Diám. Del Empalme	Resistencia de diseño (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕR_n)	ASD (R_n / Ω)	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕR_n)	ASD (R_n / Ω)	$f_u = F_{EXX}$ (Ksi)	LRFD (ϕR_n)	ASD (R_n / Ω)
3/8"	91.38	12.24	8.16	72.08	9.65	6.44	72.52	9.71	6.47
1/2"	91.38	24.47	16.32	72.08	19.31	12.87	72.52	19.42	12.95

C. RESISTENCIA DEL EMPALME SOLDADO:

Diám. Del Empalme	Resistencia del Empalme Soldado (Klb)								
	Proceso SMAW			Proceso GMAW			Proceso GTAW		
	Resistencia de Diseño (ϕR_n)	Resistencia Permisible (R_n / Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ϕR_n)	Resistencia Permisible (R_n / Ω)	Lo gobierna	Resistencia de Diseño (ϕR_n)	Resistencia Permisible (R_n / Ω)	Lo gobierna
3/8"	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base	6.03	4.01	metal base
1/2"	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base	10.96	7.29	metal base



Apéndice E.

Planos de los Empalmes Soldados

JUNTA BISELADA DOBLE EN V
DIÁMETRO DE LA BARRA = $\varnothing = 1/2"$
ESC: 2/1

JUNTA BISELADA DOBLE EN V
DIÁMETRO DE LA BARRA = $\varnothing = 3/8"$
ESC: 2/1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. METAL BASE:
 Acero de Refuerzo : barras sólidas de sección circular $\varnothing=8\text{mm}$, 3/8", 1/2".
 Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado (sección circular sólida).
 - Límite de fluencia: $f_y = 420 \text{ Mpa} - 540 \text{ Mpa}$.
 - Resistencia a la tracción (esfuerzo de rotura): $f_u = 620 \text{ Mpa}$

Referencias:
 - NTP 341.031. Grado 60. Norma Técnica Peruana.
 - ASTM A615/A615M Grado 60.
 - Reglamento Nacional de Edificaciones - E080. Concreto Armado

Ángulo Estructural : $L1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ " \times $\frac{1}{2}$ " \times $\frac{1}{2}$ ".
 Perfil de acero laminado en caliente.
 - Límite de fluencia: $f_y = 250 \text{ Mpa}$
 - Resistencia a la tracción (esfuerzo de rotura): $f_u = 400 - 550 \text{ Mpa}$

Referencias:
 - ASTM A36/A36M: Standard Specification for Carbon Structural Steel.
 - ASTM A6/A6M: Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling.

2. ELECTRODO (METAL DE RELLENO):
Proceso SMAW: electrodo E9015-X, E9016-X, E9018-X.
 - Esfuerzo Límite : $F_w = 520 \text{ Mpa}$
 - Esfuerzo de Tensión : $F_{EXX} = 620 \text{ Mpa}$
Proceso GMAW: electrodo ER90S-X.
 - Esfuerzo Límite : $F_w = 540 \text{ Mpa}$
 - Esfuerzo de Tensión : $F_{EXX} = 620 \text{ Mpa}$
Proceso GTAW: electrodo EXXXX-X.
 - Esfuerzo Límite : $F_w = 540 \text{ Mpa}$
 - Esfuerzo de Tensión : $F_{EXX} = 620 \text{ Mpa}$

Donde la denominación común para cada proceso es:
 SMAW = Arco eléctrico manual con electrodo metálico revestido.
 GMAW = MIG/MAG.
 GTAW = TIG.

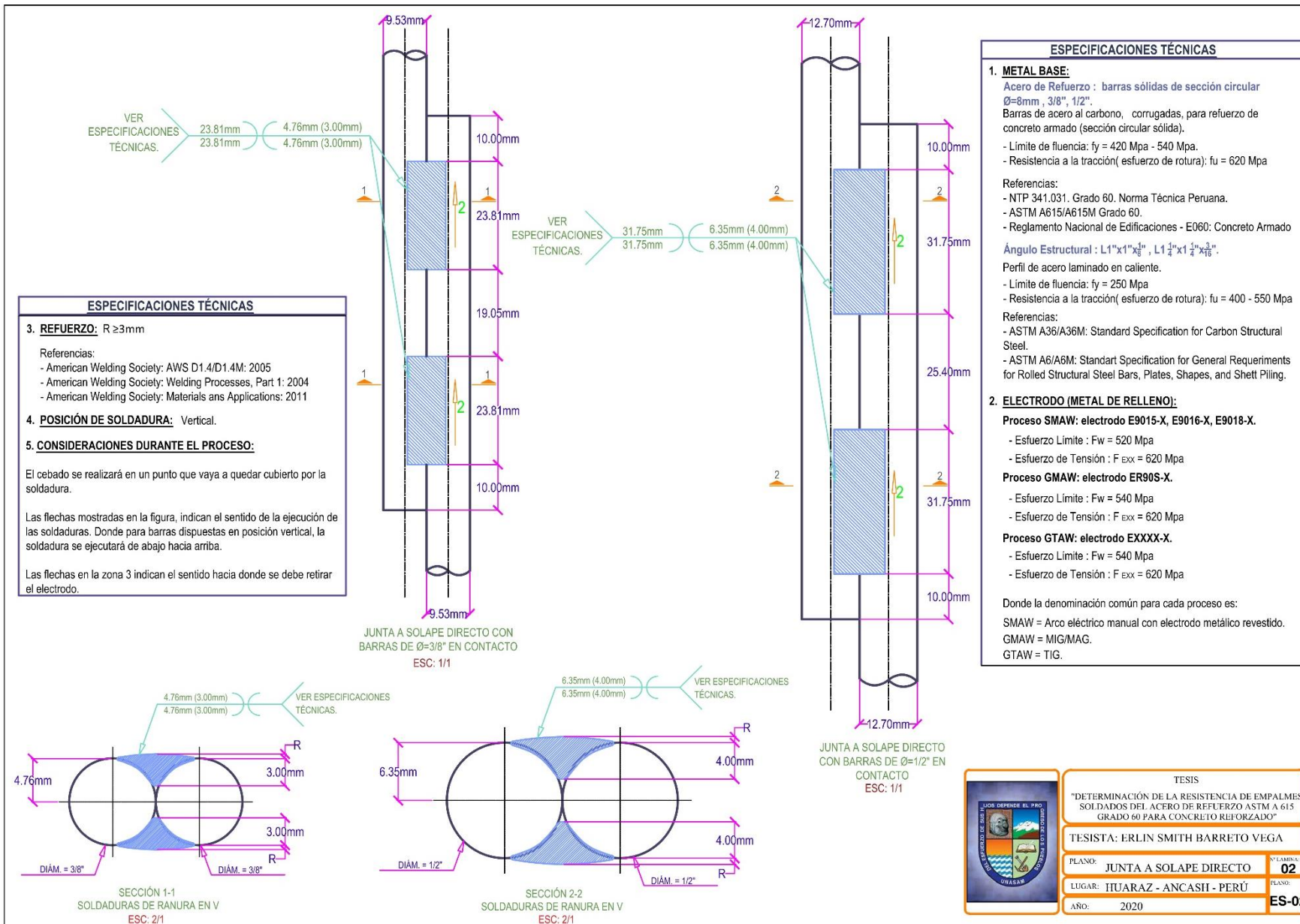
3. REFUERZO: $R \geq 3\text{mm}$

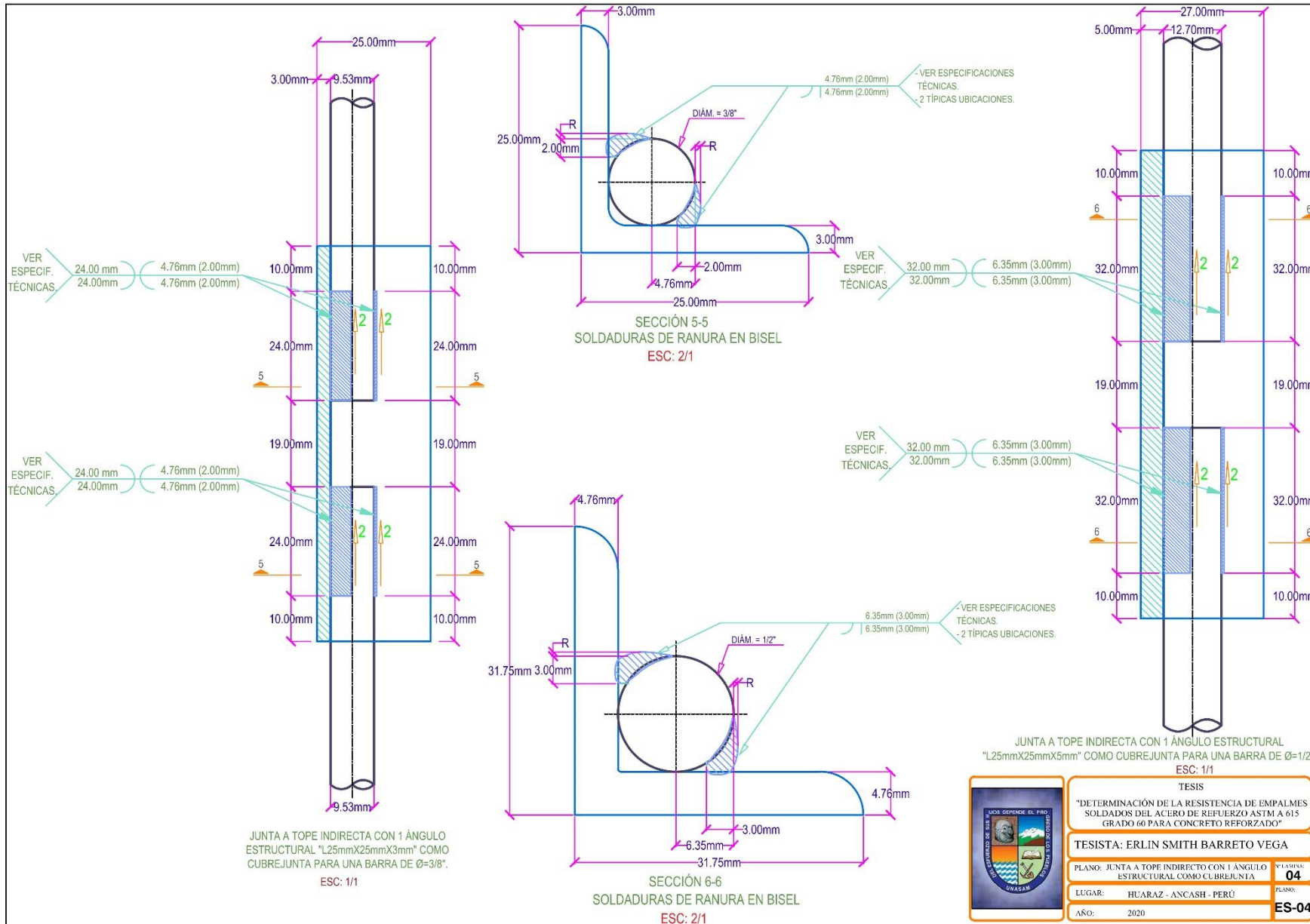
Referencias:
 - American Welding Society: AWS D1.4/D1.4M: 2005
 - American Welding Society: Welding Processes, Part 1: 2004
 - American Welding Society: Materials and Applications: 2011

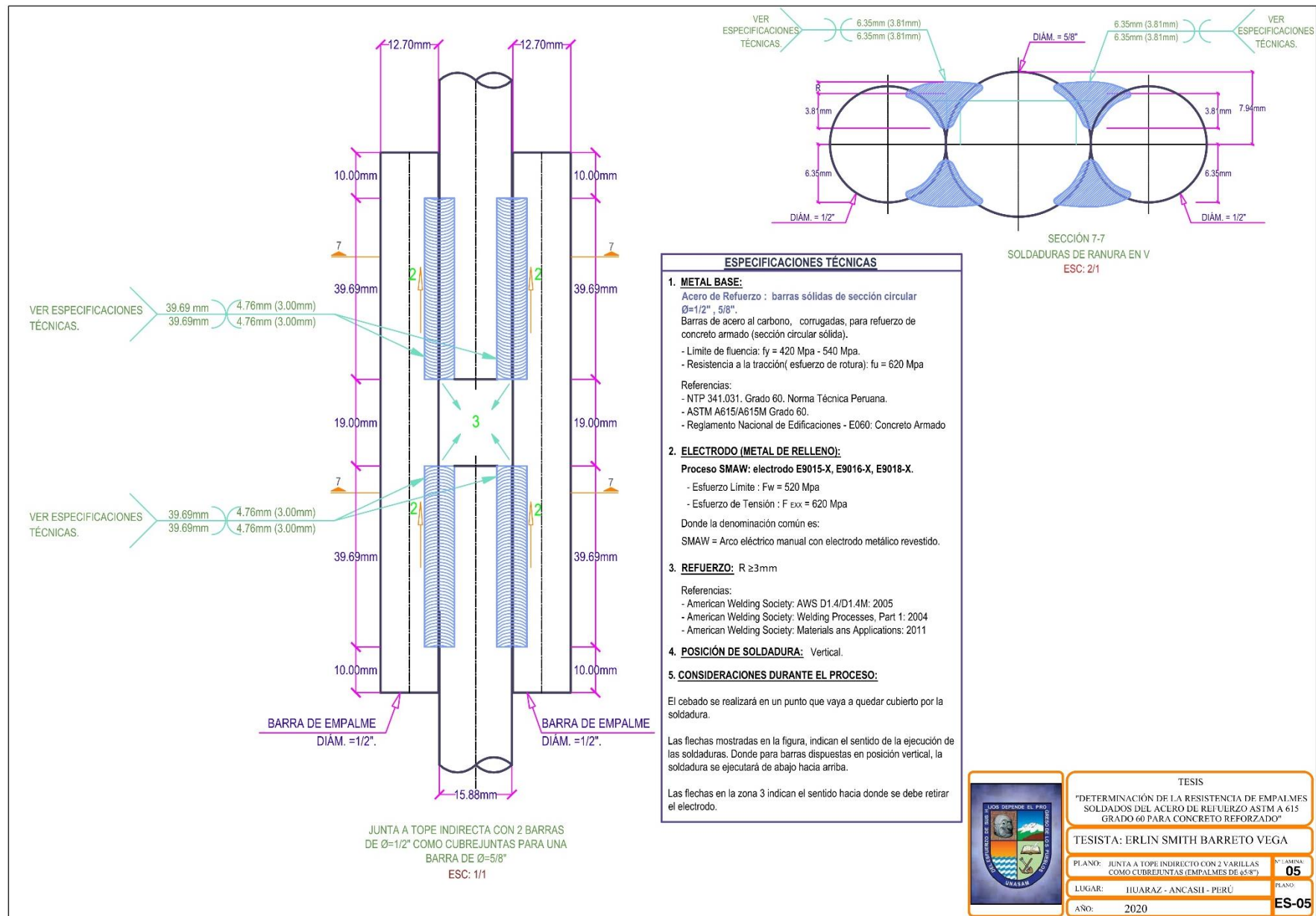
4. POSICIÓN DE SOLDADURA: Vertical.

5. CONSIDERACIONES DURANTE EL PROCESO:
 El cebado se realizará en un punto que vaya a quedar cubierto por la soldadura.
 Las flechas mostradas en la figura, indican el sentido de la ejecución de las soldaduras. Donde para barras dispuestas en posición vertical, la soldadura se ejecutará de abajo hacia arriba.
 Las flechas en la zona 3 indican el sentido hacia donde se debe retirar el electrodo.

TFSIS		
"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE EMPALMES SOLDADOS DEL ACERO DE REFUERZO ASTM A 615 GRADO 60 PARA CONCRETO REFORZADO"		
TESISTA: ERLIN SMITH BARRETO VEGA		
PLANO:	JUNTA A TOPE DIRECTO	NÚMERO: 01
LUGAR:	HUARAZ - ANCASH - PERÚ	FECHA:
AÑO:	2020	ES-01







Apéndice F.

Formulario de Especificación de Procedimiento de soldadura (WPS)

AWS D1.4/D1.4M:2005

Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. _____
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 20/02/2020

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW GTAW

WELD TYPE: Groove Fillet

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint

1) JUNTA CON ÁNGULO CUBRESUNTA -
 2) JUNTA CON VARILLAS CUBRESUNTA -

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1) BISEL ACAMPANADO. 2) ACAMPANADO EN "V"

Position _____ Groove Type _____

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No Backing Type _____

Backgouging: Yes No Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615 / ASTM A36 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8", 1/2" Plate Thickness 1/8", 3/16" (ÁNGULO ESTRUCTU-
-RAL)

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS A5.18 / ASME SFA-5.18 AWS Classification ER70S-6

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) _____

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition 100% ARGÓN Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) _____

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current				Travel Speed (ipm)	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range	Electrical Stickout		
<u>1 (Raiz)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>			
<u>2 (Repleno)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>			
<u>3 (Acabado)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>			

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 20/02/2020

Form A-2



Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. _____
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 10/02/2020

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW GTAW

WELD TYPE: Groove Fillet 1). JUNTA A TOPE

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint 2). JUNTA A SOLAPE

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1). BISEL DOBLE. 2). DOBLE ACAMPANADO EN "V."

Position VERTICAL Groove Type 1). BISEL DOBLE. 2). DOBLE ACAMPANADO EN "V."

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No Backing Type _____

Backgouging: Yes No Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8, 1/2" Plate Thickness _____

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS A5.18/ASME SFA-5.18 AWS Classification ER70S-6

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) _____

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition 100% ARGÓN Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) _____

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current			Travel Speed (ipm)	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range		
<u>1 (Raiz)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>		
<u>2 (Relleno)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>		
<u>3 (Acabado)</u>	<u>3/32"</u>		<u>100-120</u>	<u>20-25</u>		

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 10/02/2020

Form A-2



Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. 01
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 20/01/2020

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW

WELD TYPE: Groove Fillet

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1) BISEL ACAMPANADO - 2) ACAMPANADO EN "V"

Position VERTICAL Groove Type 1) BISEL ACAMPANADO - 2) ACAMPANADO EN "V"

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No Backing Type _____

Backgouging: Yes No Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave
 - MÉTODO PREPARACIÓN DE RANURA: ESMERILADO
 - TÉCNICA APUNTALAMIENTO: SIMILAR AL PASO RAIZ.
 - LONGITUD DE APUNTALAMIENTO: 2-3 mm.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN - MÉTODO DE LIMPIEZA: ESCOBILLADO.

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray
 - CORDÓN: OSCILANTE
 - TÉCNICA: SIMPLE.

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615/ASTM A36 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8", 1/2" Plate Thickness 1/8", 3/16" (ÁNGULO ESTRUCTURAL)

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS 5-18/ASME-SFA-5-18 AWS Classification ER70S-6

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) _____

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition 100% CO₂ Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) 3500°C

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current			Electrical Stickout	Travel Speed (ipm)	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range			
<u>1 (Raiz)</u>	<u>1mm</u>		<u>110-130</u>	<u>20-30</u>			
<u>2 (Repleno)</u>	<u>1mm</u>		<u>110-130</u>	<u>20-30</u>			
<u>3 (Acabado)</u>	<u>1mm</u>		<u>110-130</u>	<u>20-30</u>			

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 20/01/2020

Form A-2



Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. 01
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 10/01/2020

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW

WELD TYPE: Groove Fillet

1) JUNTA A TOPE

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint

2) JUNTA A SOLAPE

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1) - BISEL DOBLE. 2) - DOBLE ACAMPANADO EN "V."

Position VERTICAL Groove Type 1) - BISEL DOBLE. 2) - DOBLE ACAMPANADO EN "V."

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No

Backing Type _____

Backgouging: Yes No

Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave

MÉTODO PREPARACIÓN DE RANURA: ESMERILADO
 - TÉCNICA APUNTALAMIENTO: SIMILAR AL PASO RAIZ
 - LONGITUD DE APUNTALAMIENTO: 2-3mm
 - MÉTODO DE LIMPIEZA: ESCOBILLADO
 - CORDÓN: OSCILANTE
 - TÉCNICA: SIMPLE.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8", 1/2" Plate Thickness _____

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS 5.18/ASME-SFA-5.18 AWS Classification ER70S-6

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) _____

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition 100% CO2 Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) 3500°C

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current				Travel Speed (ipm)	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range	Electrical Stickout		
1 (Raiz)	1mm		110-130	20-30			
2 (Releño)	1mm		110-130	20-30			
3 (Acabado)	1mm		110-130	20-30			

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 10/01/2020

Form A-2



Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. 01
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 30/12/2019

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW

1) JUNTA CON ANGULO CUBREJUNTA.
 2) JUNTA CON VARILLAS CUBREJUNTA

WELD TYPE: Groove Fillet

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1) BISEL ACAMPANADO. 2) ACAMPANADO EN "V"

Position VERTICAL Groove Type 1) BISEL ACAMPANADO. 2) ACAMPANADO EN "V"

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No Backing Type _____

Backgouging: Yes No Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray

- ASTM A615 G60: VARILLAS CUBREJUNTA
 - ASTM A36: ANGULO CUBREJUNTA

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615 / ASTM A36 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8", 1/2", 5/8" Plate Thickness 1/8", 3/16" (ANGULO ESTRUCTURAL)

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS A5.5/ASME-SFAS-5 AWS Classification E9018-G

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) AWS A5.5/ASME-SFAS-1 / E7018 (EMPALMES DE 5/8")

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition _____ Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) _____

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current			Travel Speed (ipm) ^{mm/min}	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range		
1 (Raiz)	1/8"		90-120	20-24	70-90	
2 (Refino)	1/8"		95-125	20-24	70-100	
3 (Acabado)	1/8"		100-130	20-24	70-100	

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 30/12/2019

Form A-2



Sample Welding Procedure Specification (WPS) Form

Welding Procedure Specification (WPS) No. _____

Contractor _____
 Authorized by _____ Revision No. 01
 Supporting PQR Identification _____ Test Date 01/12/2019

WELDING PROCESS: FCAW-S FCAW-G GMAW SMAW

WELD TYPE: Groove Fillet

JOINT TYPE: Direct Butt Indirect Butt T-Joint

Joint(s) Qualified (see Table 6.2) 1) BISEL DOBLE (JUNTA A TOPE) 2) DOBLE ACAMPAÑADA "V" (JUNTA A SOLAPE)

Position VERTICAL Groove Type DOBLE ACAMPAÑADA EN "V" (JUNTA A SOLAPE)

Root Opening _____ Root Face _____ Groove Angle _____

Backing: Yes No Backing Type _____

Backgouging: Yes No Backgouging Method _____

TECHNIQUE: Stringers Weave

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current: AC DCEP DCEN

Transfer Mode (GMAW): Short-circuiting Globular Spray

BASE METAL

Material Specification ASTM A615 Grade 60

Welded to: Material Specification ASTM A615 Grade 60

Maximum Carbon Equivalent 0.50% Bar size 3/8", 1/2" Plate Thickness _____

Coated Bar: Yes No Type of Coating _____

FILLER METAL

AWS Specification AWS A5.5/ASME-SFAS-5 AWS Classification E9018-G

Describe filler metal (if not covered by AWS specifications) _____

SHIELDING

Gas: Single Mixture Composition _____ Flow rate _____

PREHEAT/INTERPASS

Preheat/Interpass Temperature (Min) _____ Interpass Temperature (Max) _____

WELDING PARAMETERS

Pass Number(s)	Electrode Diameter	Current				Travel Speed (ipm) <i>mm/min</i>	Joint Detail
		Type	Amperage Range	Volts Range	Electrical Stickout		
<u>1 (Raiz)</u>	<u>1/8"</u>		<u>90-120</u>	<u>20-24</u>		<u>70-90</u>	
<u>2 (Relleno)</u>	<u>1/8"</u>		<u>95-125</u>	<u>20-24</u>		<u>70-100</u>	
<u>3 (Acabado)</u>	<u>1/8"</u>		<u>100-130</u>	<u>20-24</u>		<u>70-100</u>	

Manufacturer or Contractor _____

Authorized by _____ Date 01/12/2019

Form A-2

Nota. Tomado del código AWS D1.4.

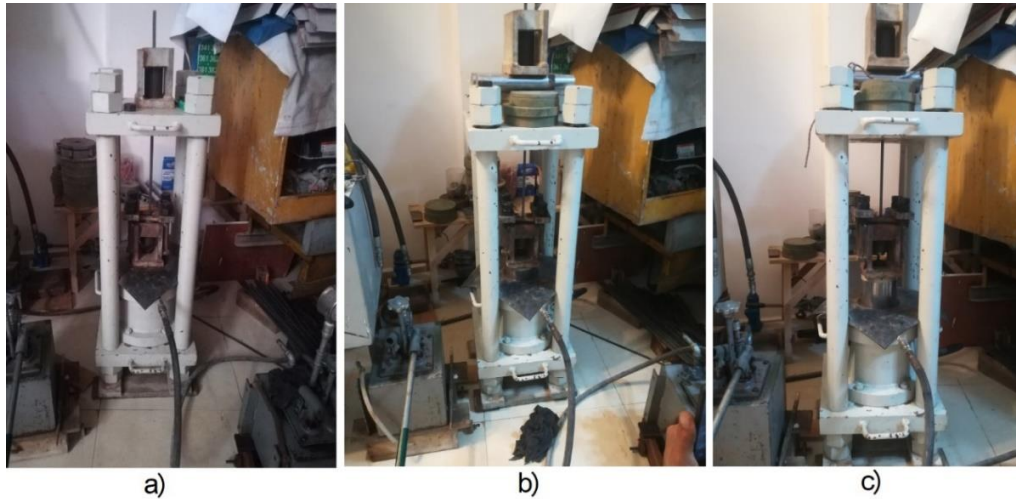


Apéndice G.

Fotografías de las Probetas Ensambladas a Tensión

Figura G.1

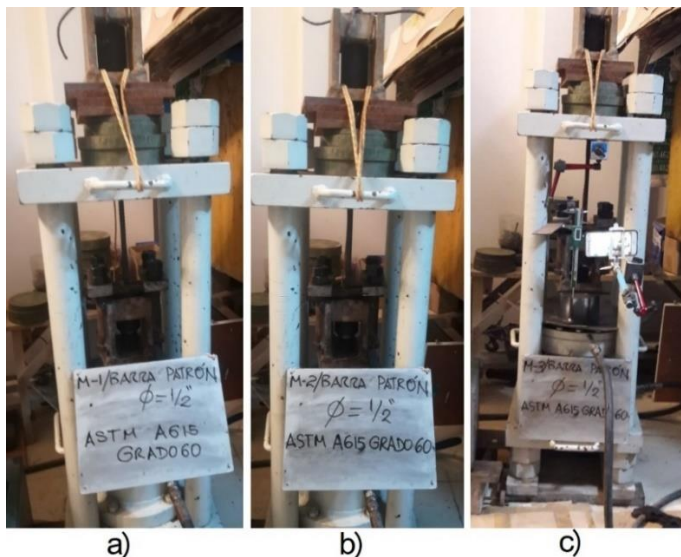
Varillas Control de 3/8" Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.2

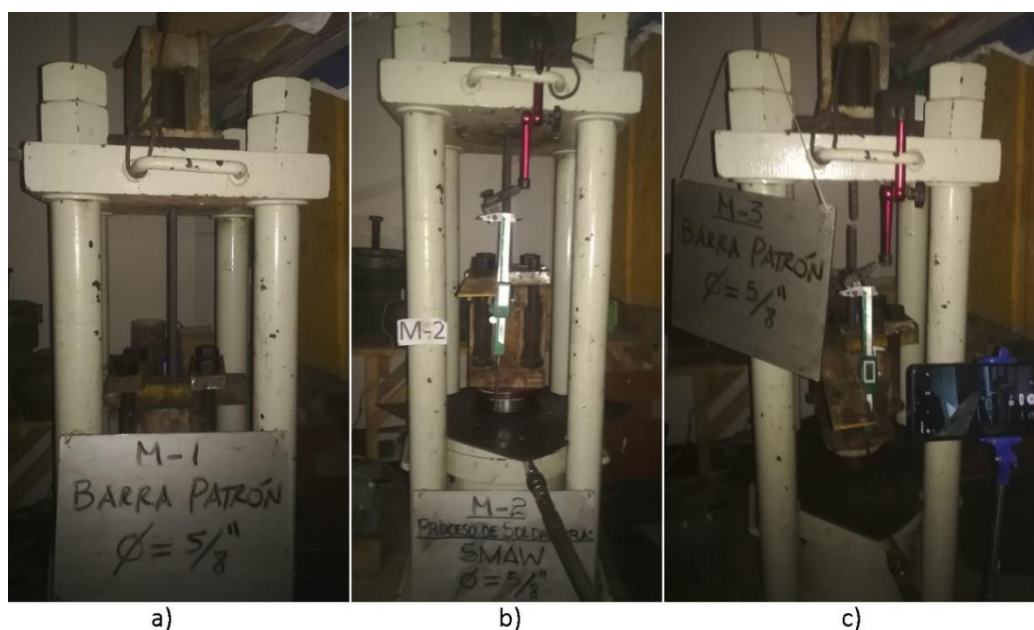
Varillas Control de 1/2" Ensambladas en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.3

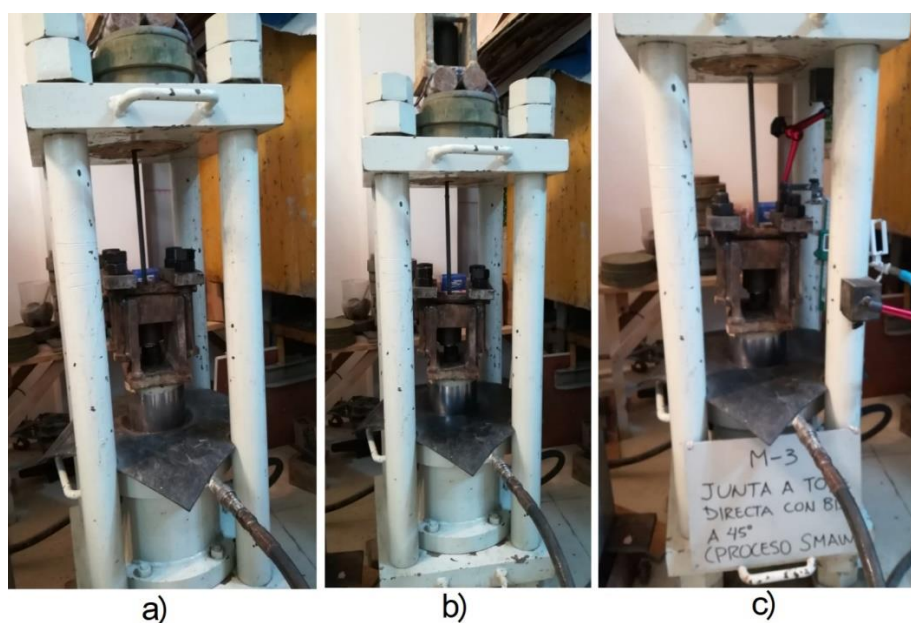
Varillas Control de 5/8" Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.4

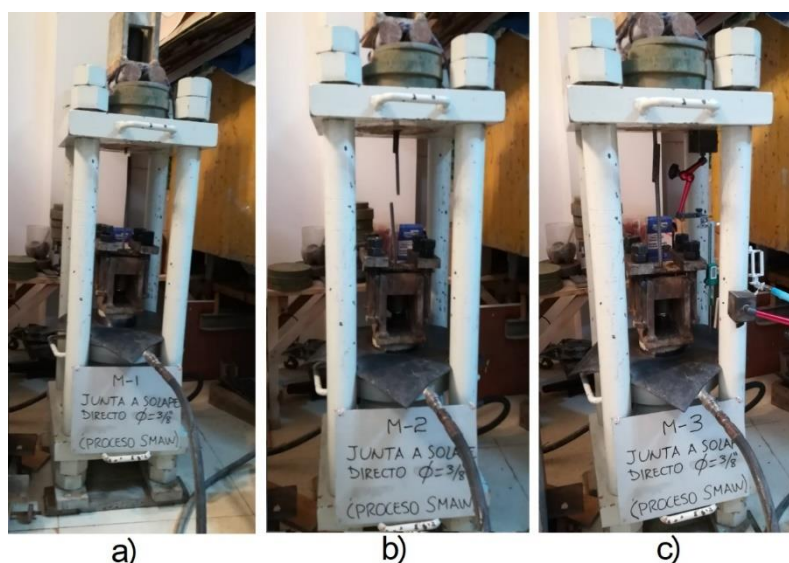
Empalmes A- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.5

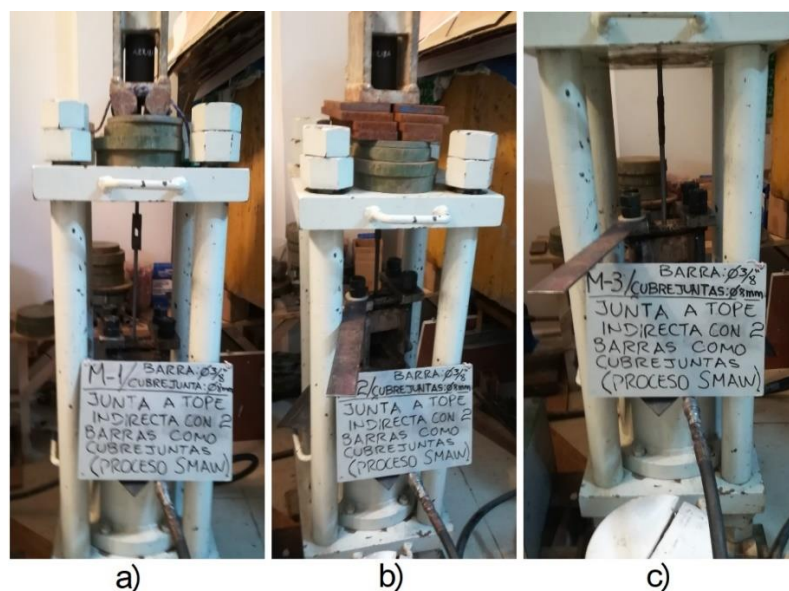
Empalmes B- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.6

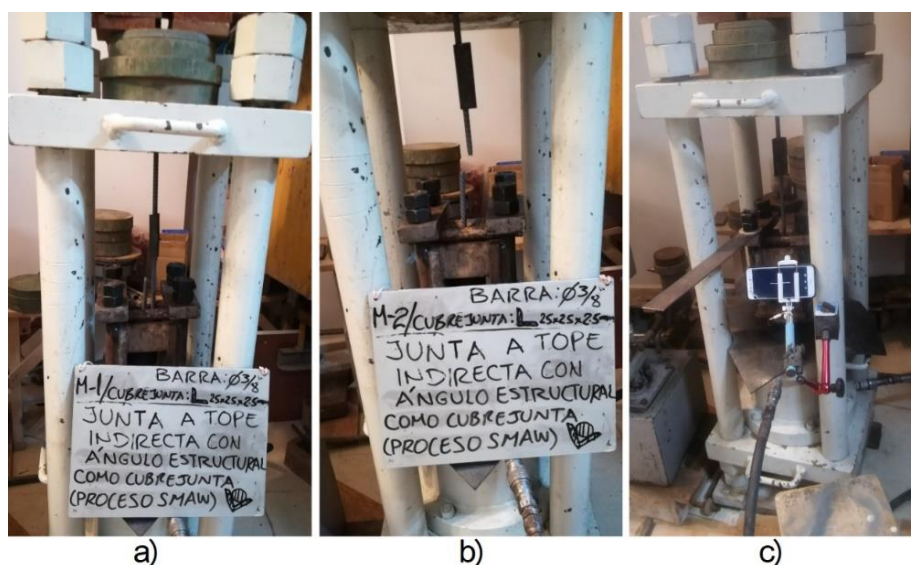
Empalmes C- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.7

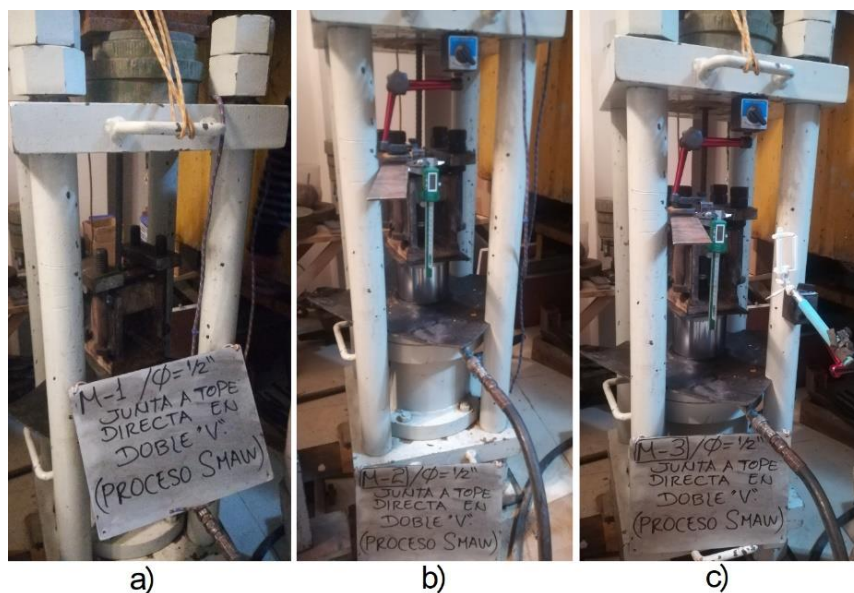
Empalmes D- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura G.8

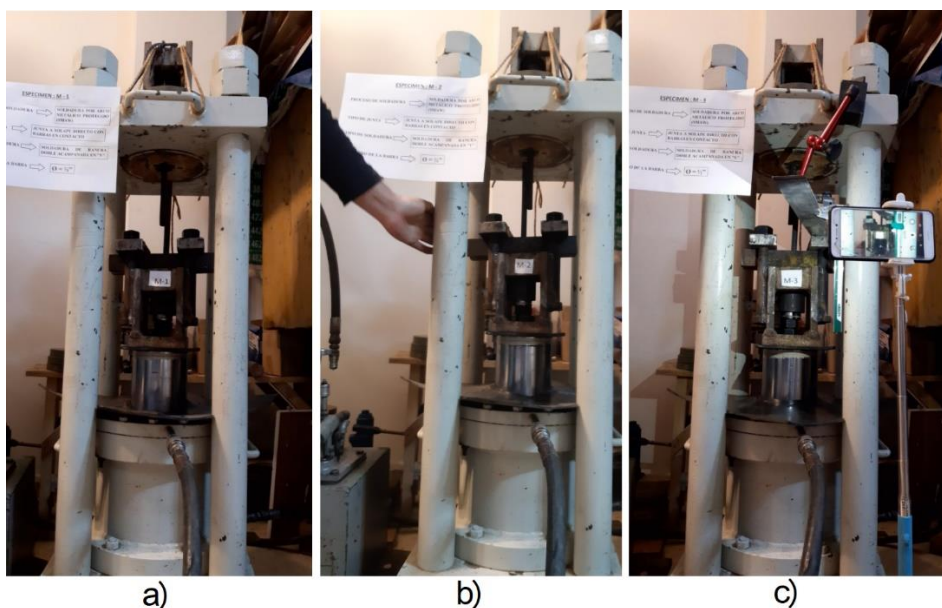
Empalmes A- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura G.9

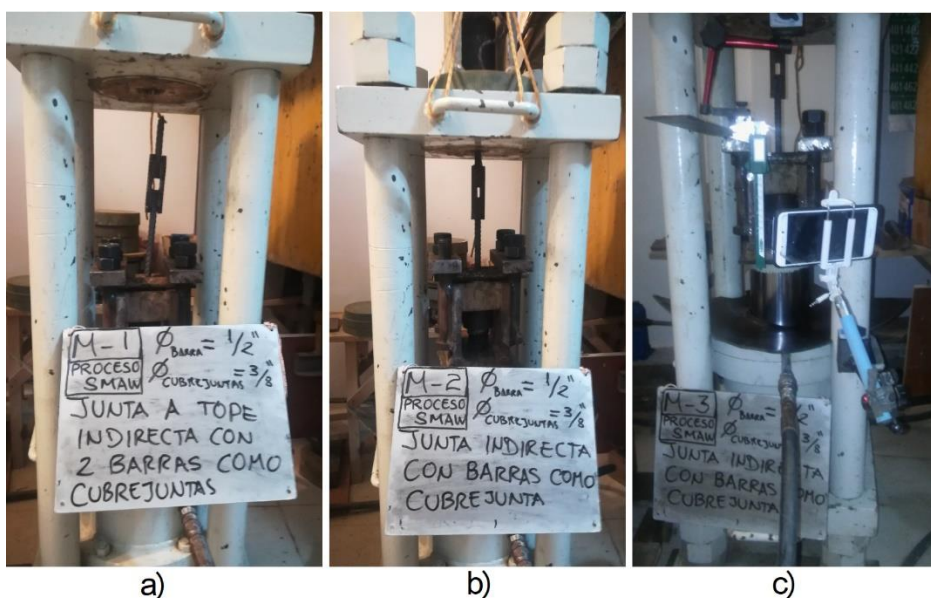
Empalmes B- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura G.10

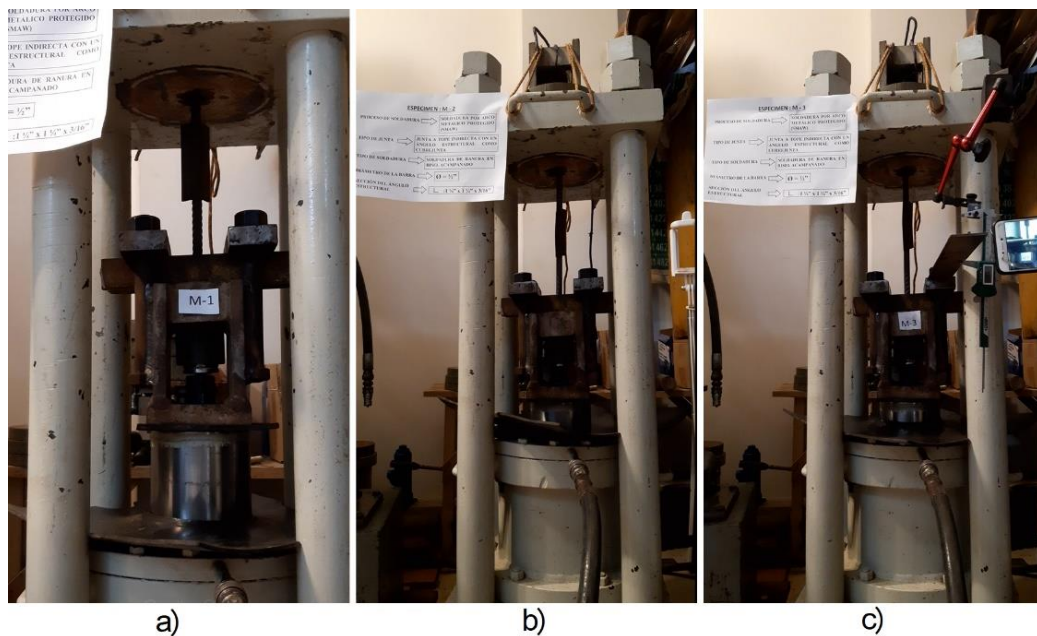
Empalmes C- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura G.11

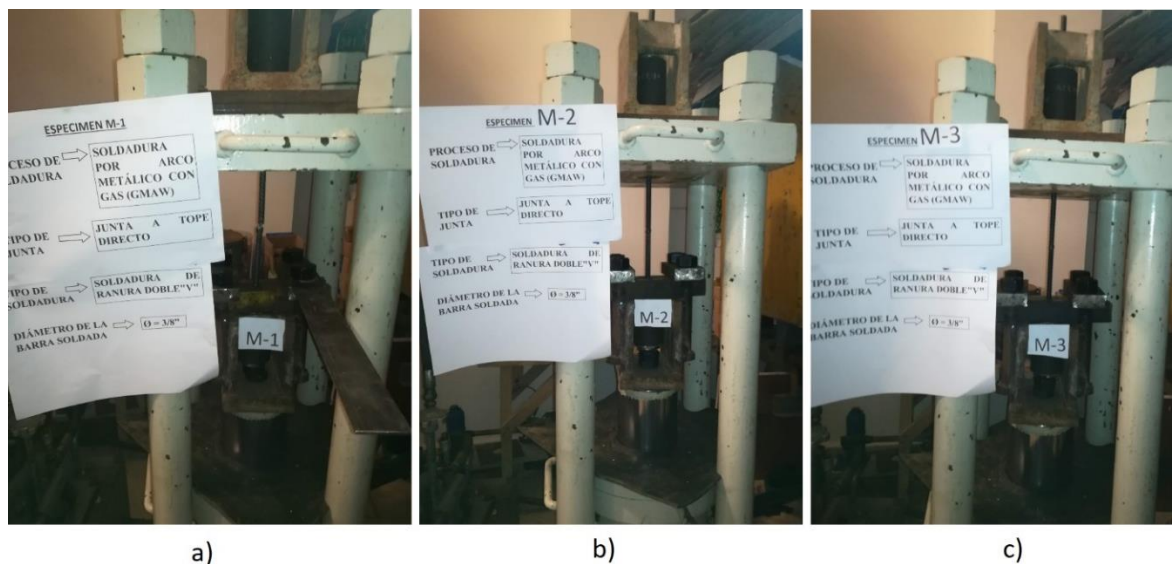
Empalmes D- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura G.12

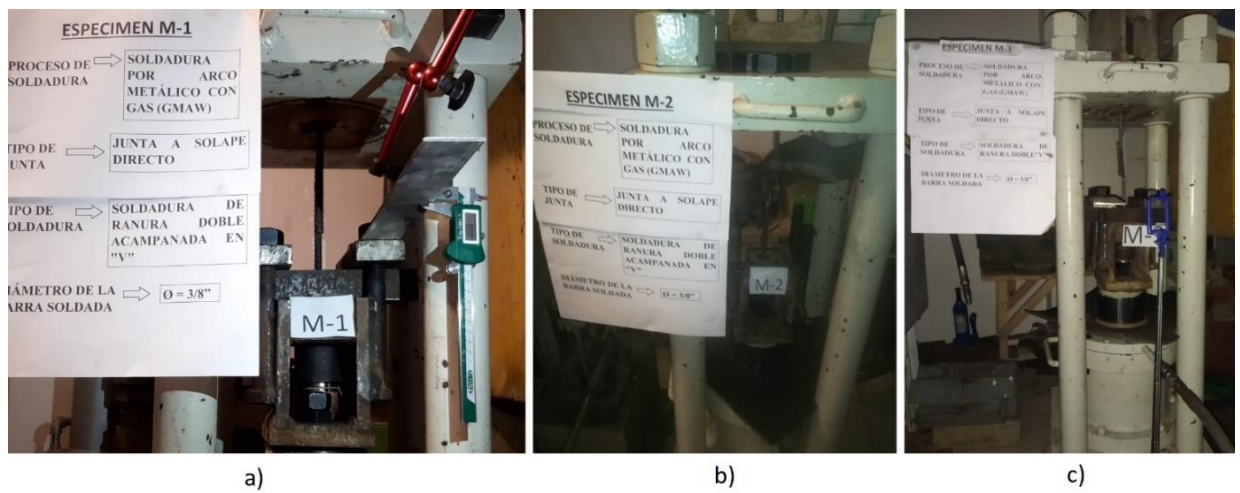
Empalmes A- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020.

Figura G.13

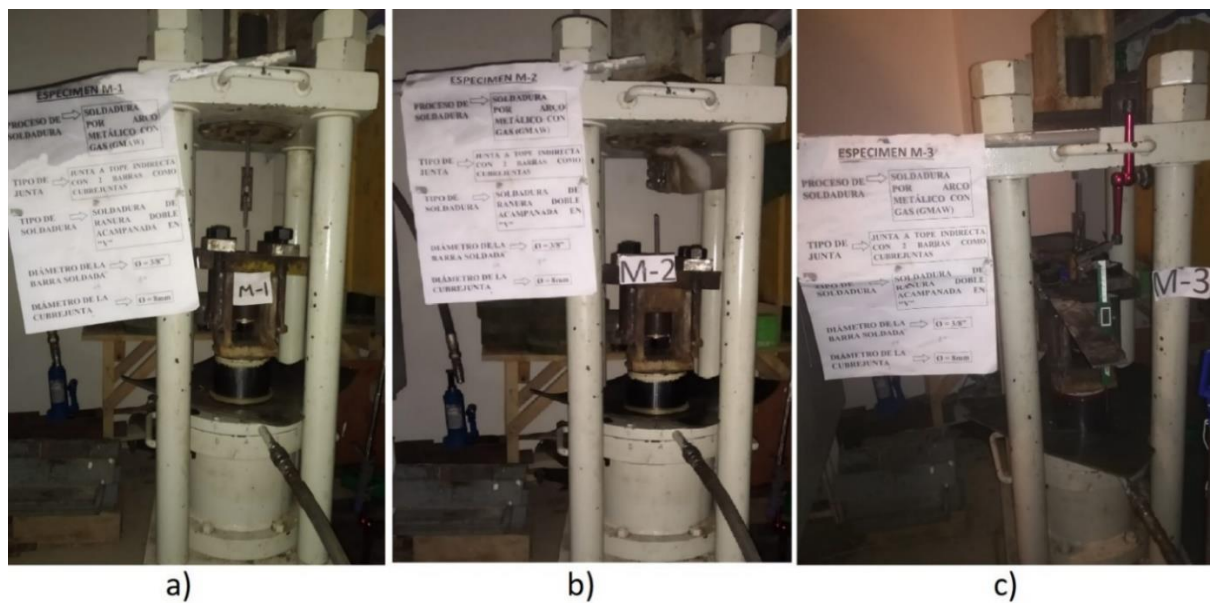
Empalmes B- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020.

Figura G.14

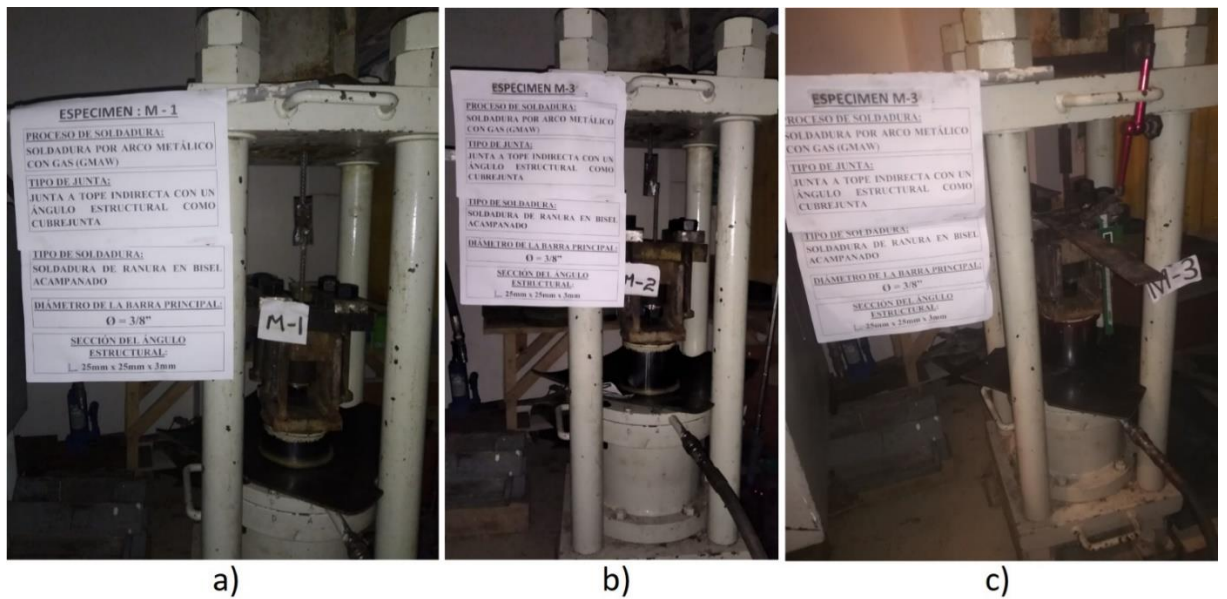
Empalmes C- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020.

Figura G.15

Empalmes D- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020.

Figura G.16

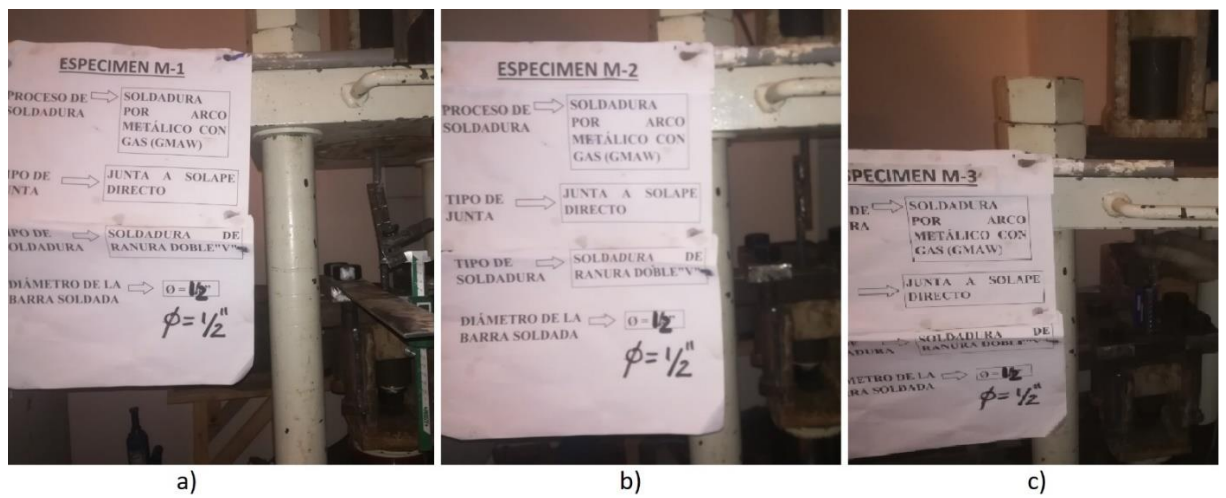
Empalmes A- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Setiembre, 2020.

Figura G.17

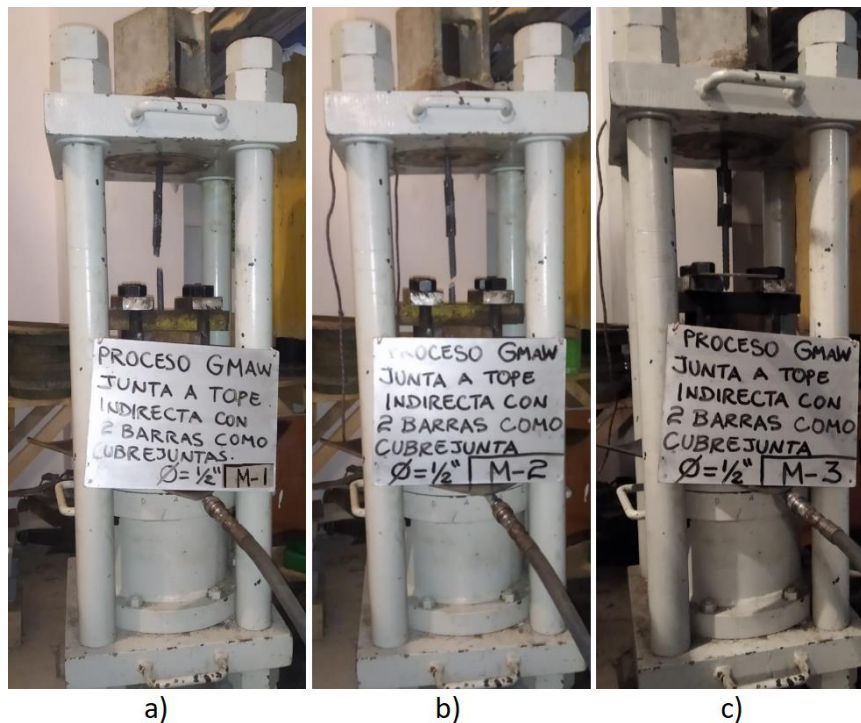
Empalmes B- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Setiembre, 2020.

Figura G.18

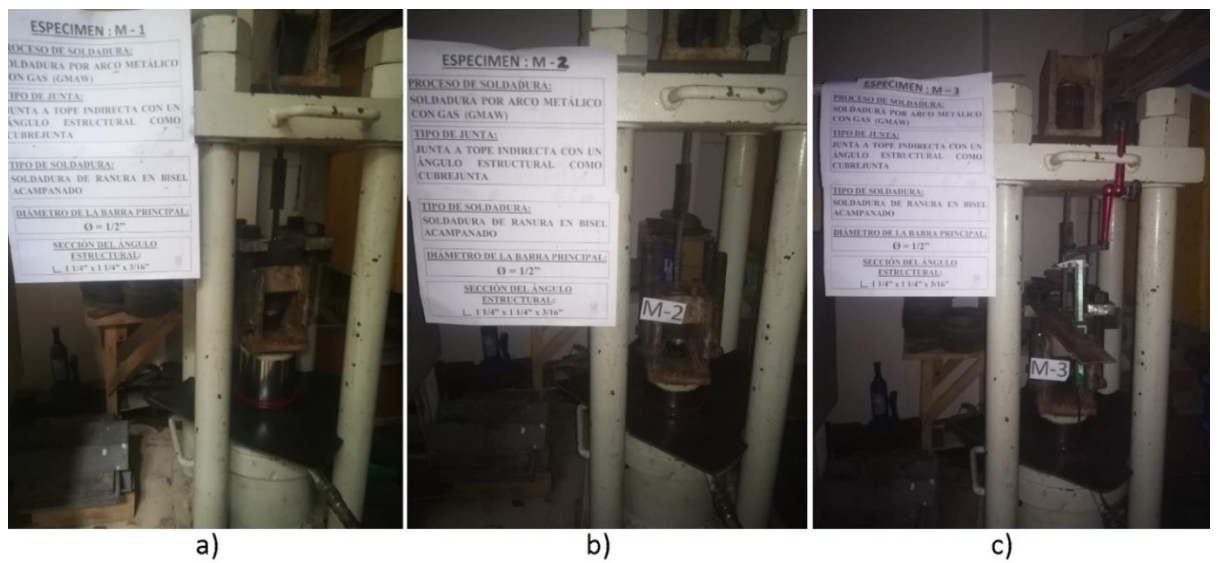
Empalmes C- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Setiembre, 2020.

Figura G.19

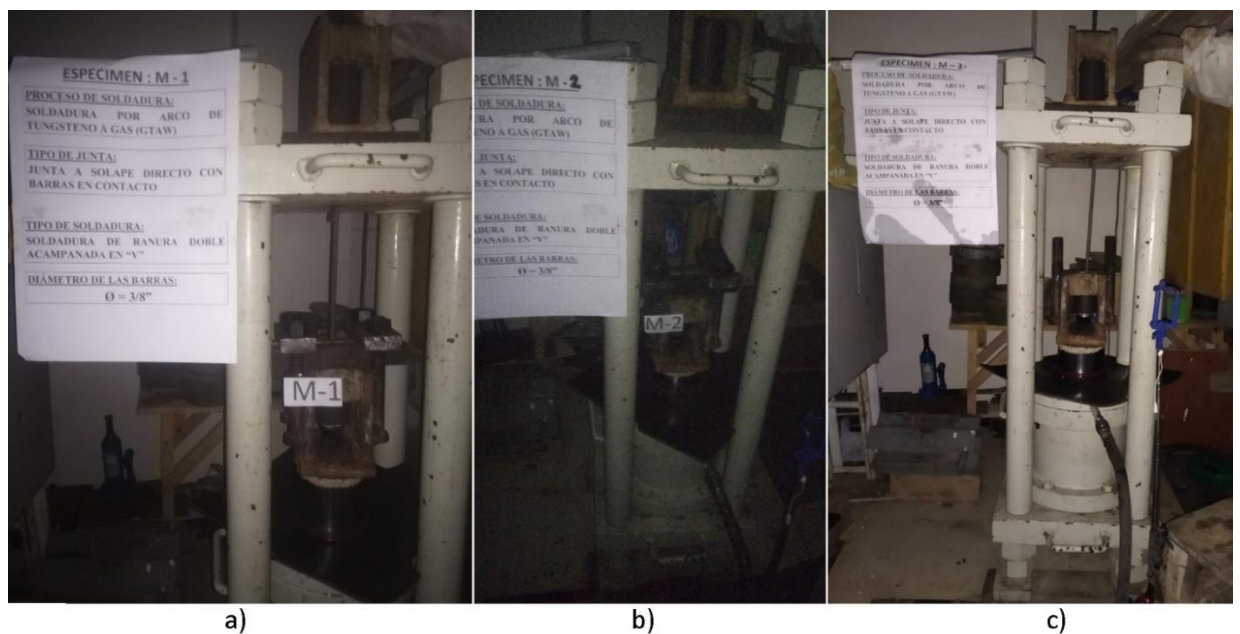
Empalmes D- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Setiembre, 2020.

Figura G.20

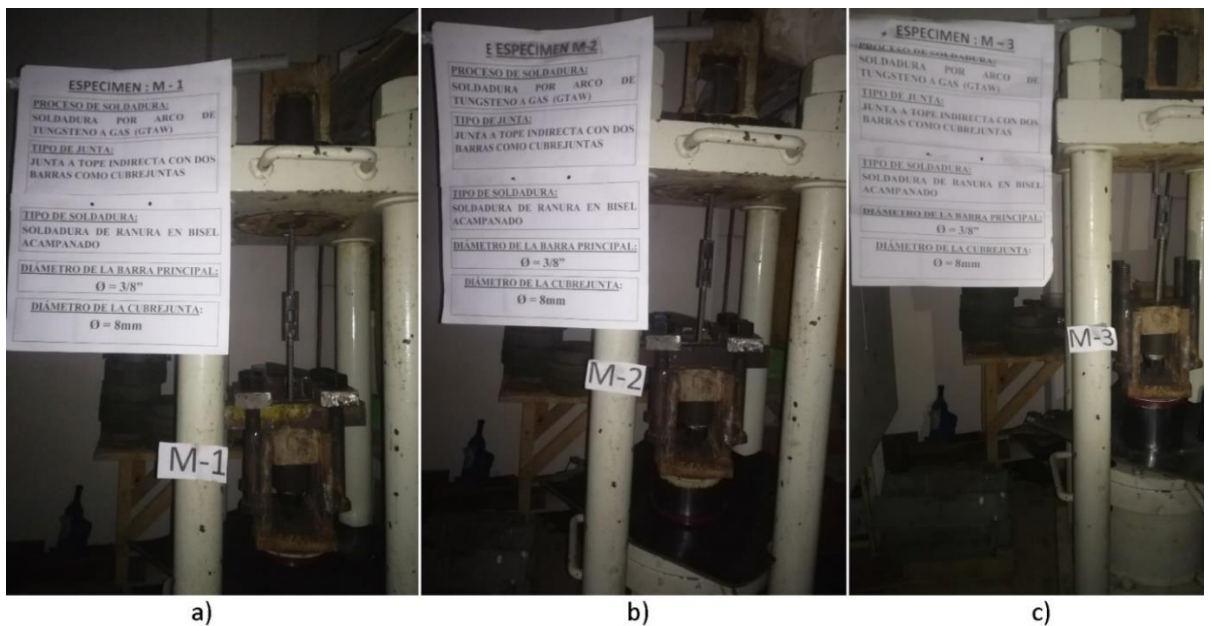
Empalmes B- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura G.21

Empalmes C- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura G.22

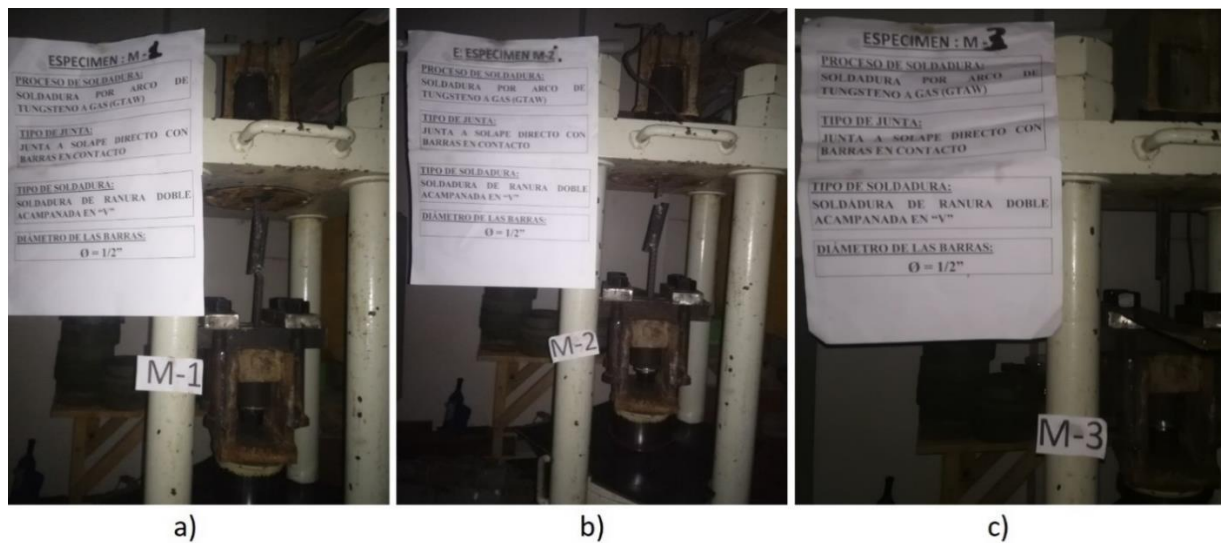
Empalmes D- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura G.23

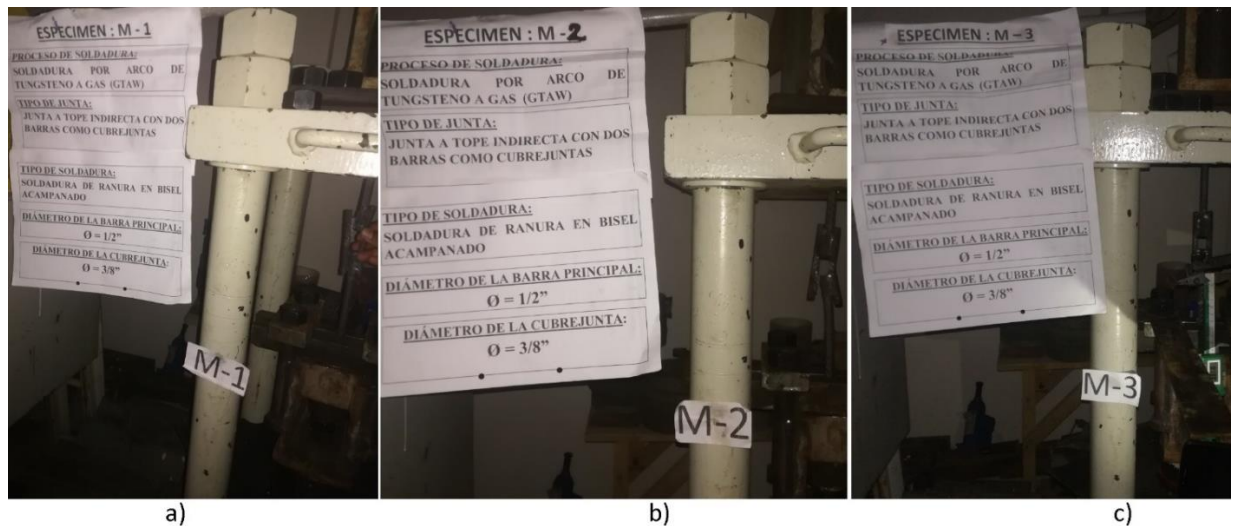
Empalmes B- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura G.24

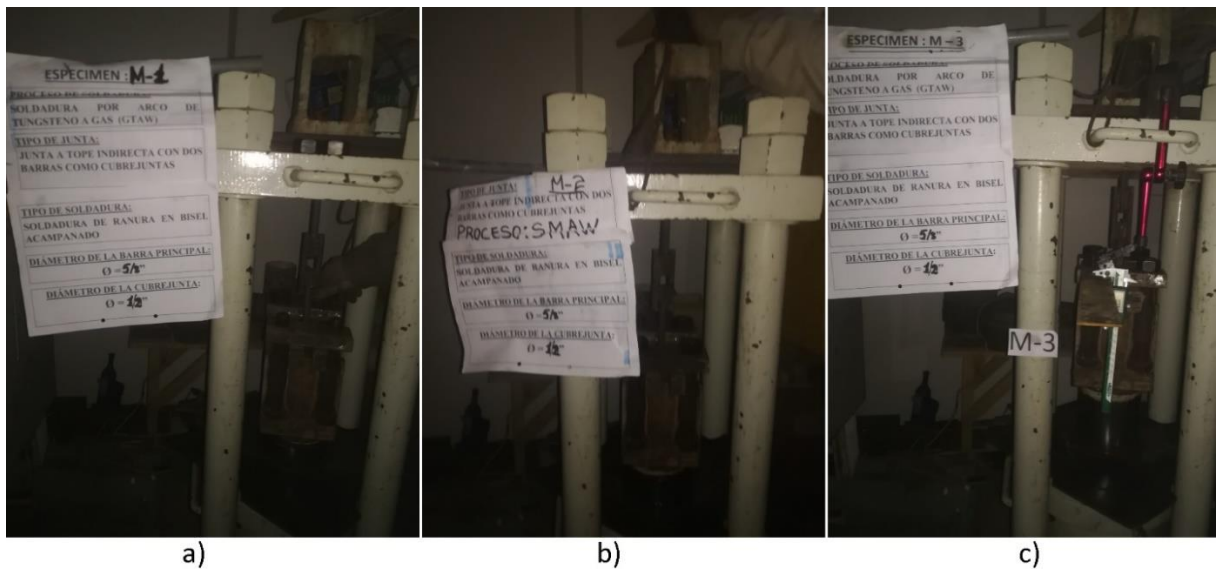
Empalmes C- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura G.25

Empalmes C- 5/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina a Tensión



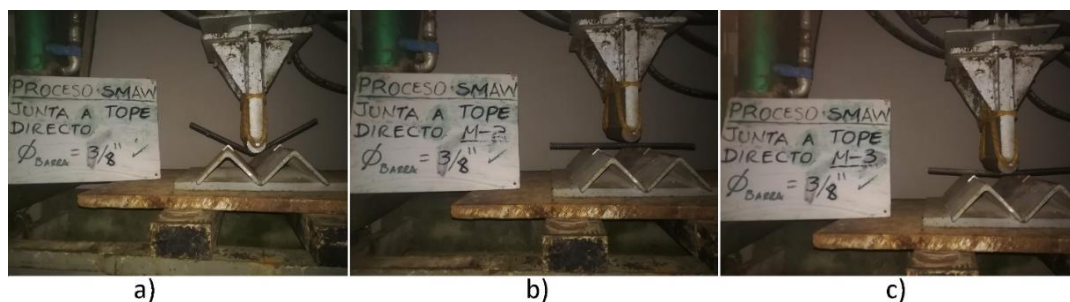
Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Apéndice H.

Fotografías de las Probetas Ensambladas en el Ensayo de DobleZ

Figura H.1

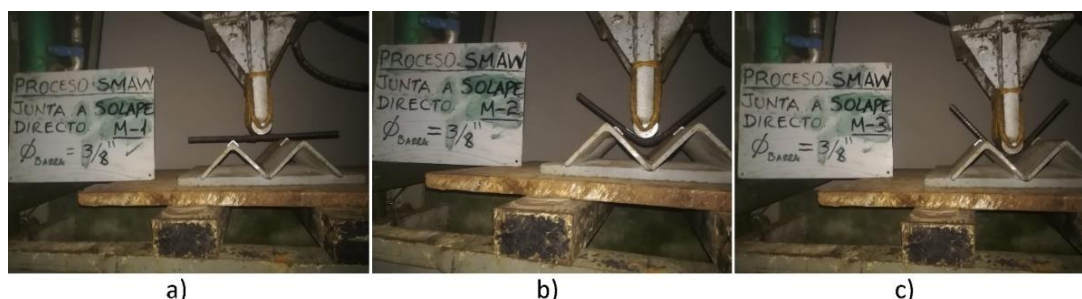
Empalmes A- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.2

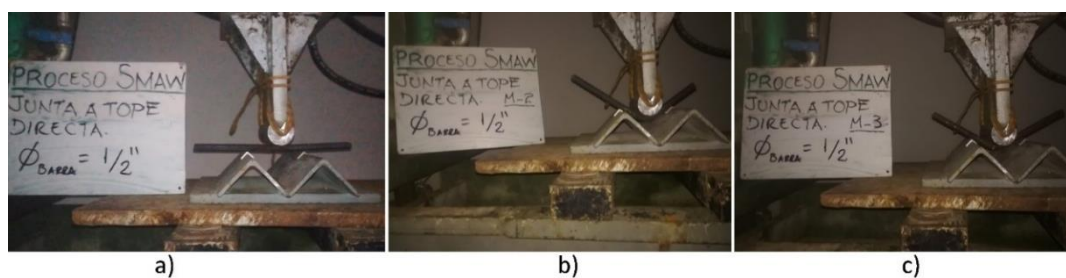
Empalmes B- 3/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.3

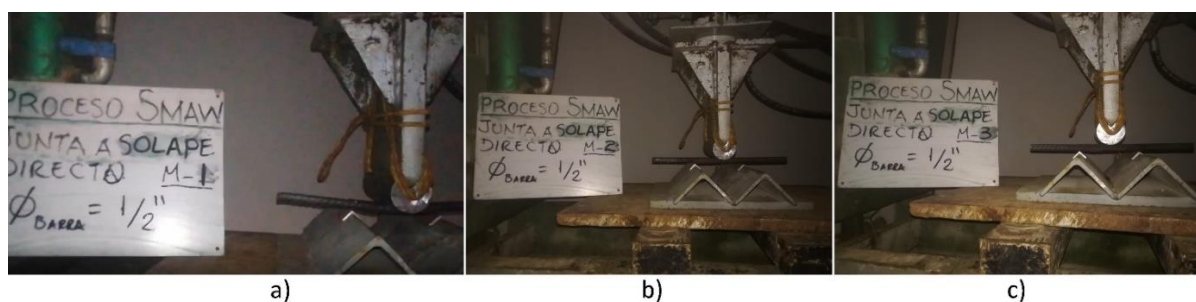
Empalmes A- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.4

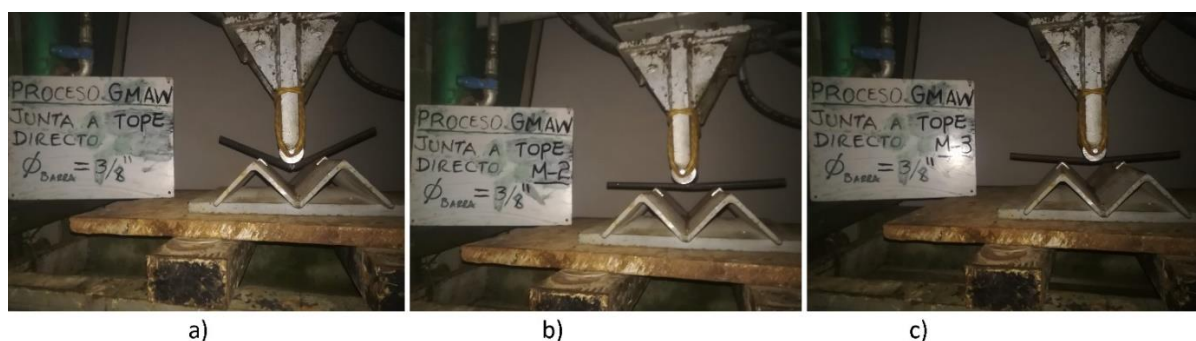
Empalmes B- 1/2" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.5

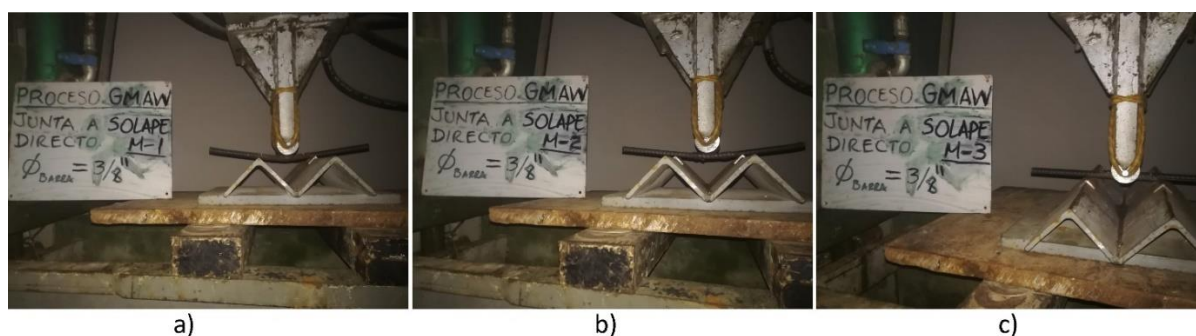
Empalmes A- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.6

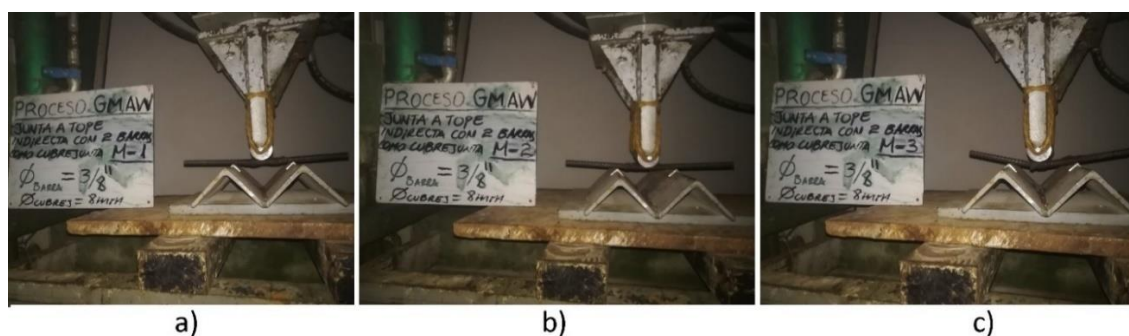
Empalmes B- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.7

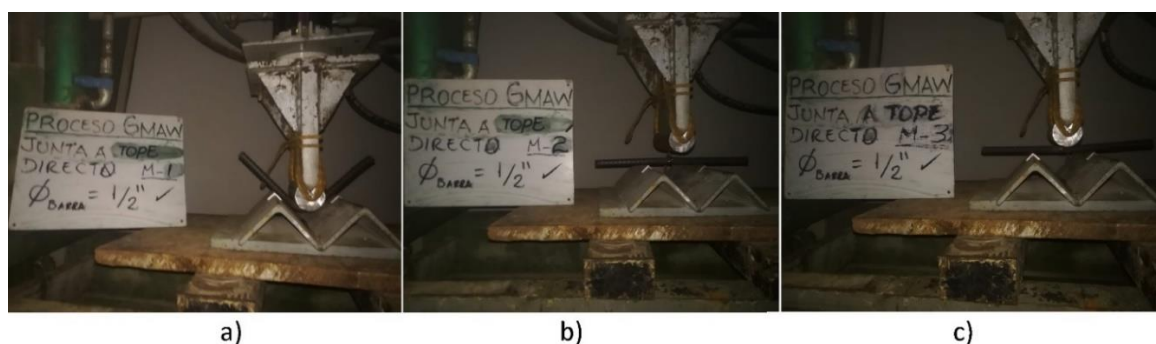
Empalmes C- 3/8" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.8

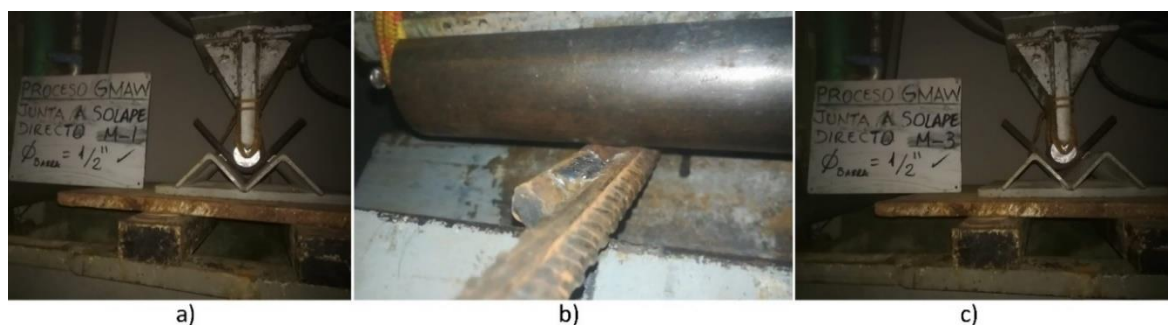
Empalmes A- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.9

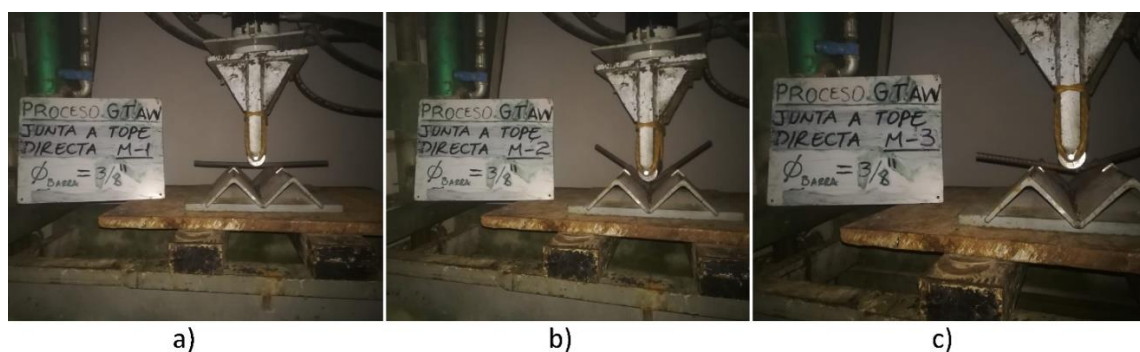
Empalmes B- 1/2" (GMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.10

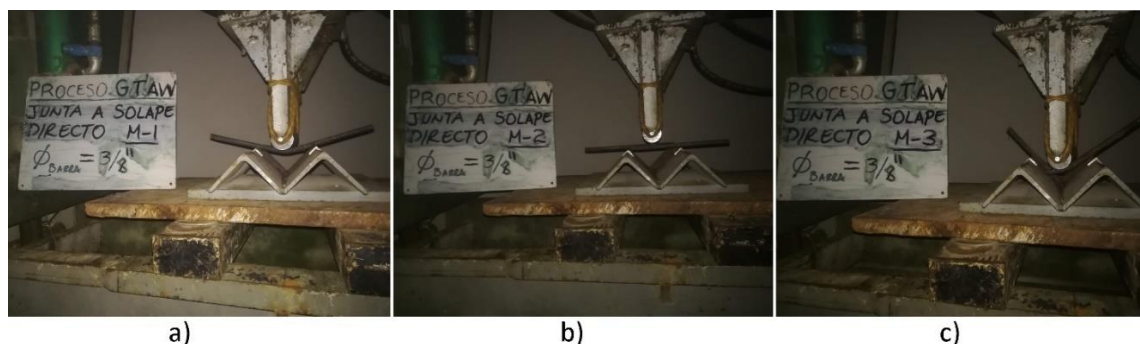
Empalmes A- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.11

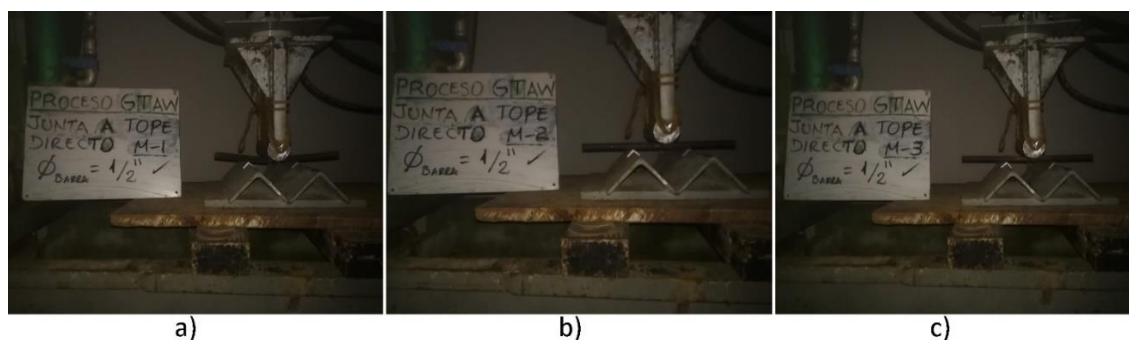
Empalmes B- 3/8" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.12

Empalmes A- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.13

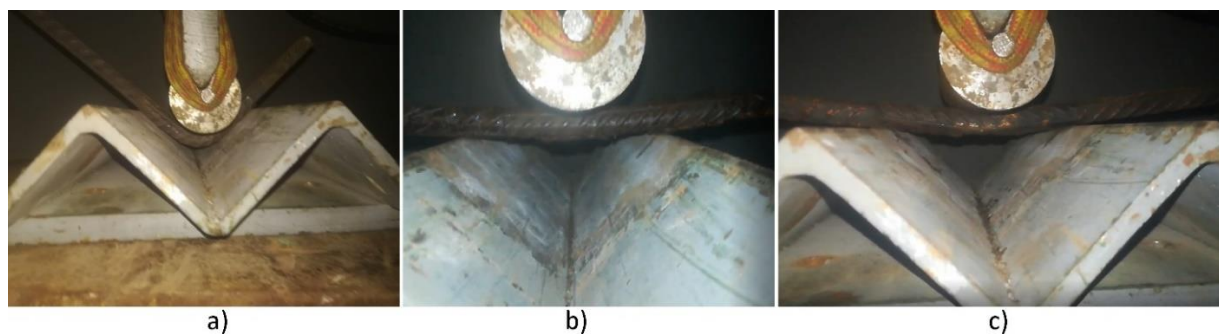
Empalmes B- 1/2" (GTAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura H.14

Empalmes C- 5/8" (SMAW) Ensamblados en la Máquina de Doblado



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Apéndice I.

Fotografías de las Probetas Después de la Rotura de Tracción

Figura I.1

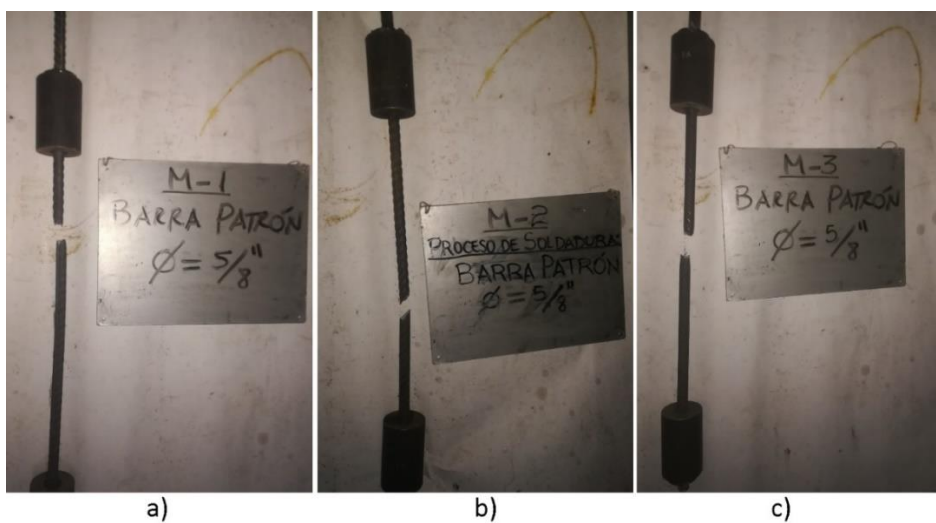
Varillas Patrón de 3/8" y 1/2" Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Varillas de 3/8". b) Varillas de 1/2". Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.2

Varillas Patrón de 5/8" Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.3

Empalmes A-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.4

Empalmes B-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.5

Empalmes C-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.6

Empalmes D-3/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Febrero, 2020.

Figura I.7

Empalmes A-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura I.8

Empalmes B-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura I.9

Empalmes C-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020.

Figura I.10

Empalmes D-1/2" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Marzo, 2020

Figura I.11

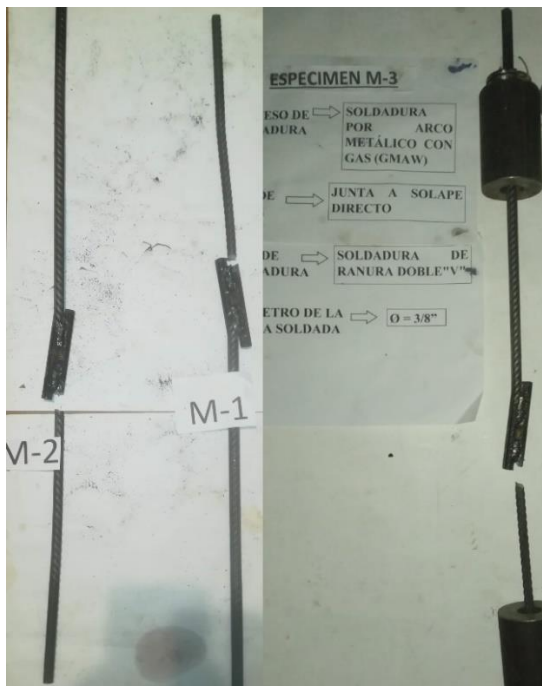
Empalmes A-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.12

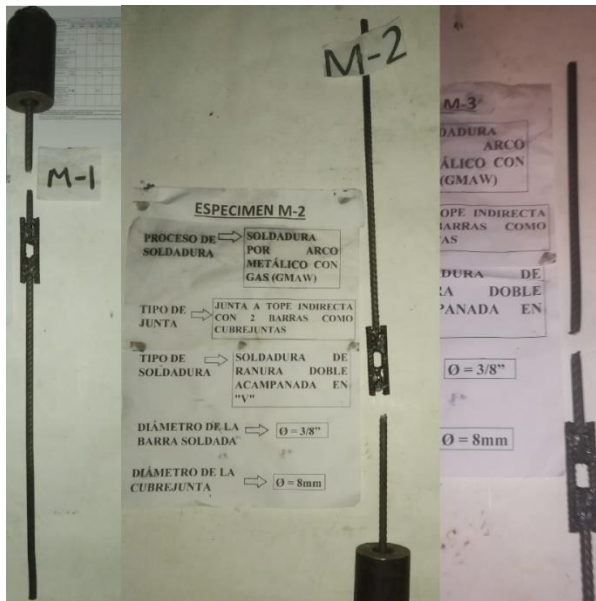
Empalmes B-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.13

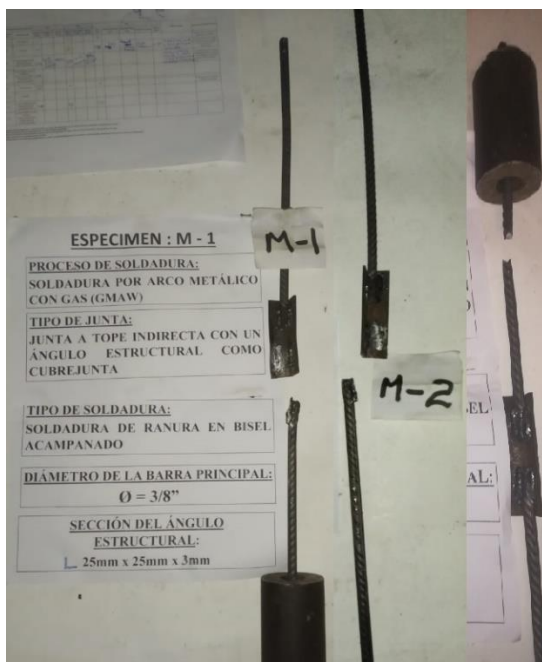
Empalmes C-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.14

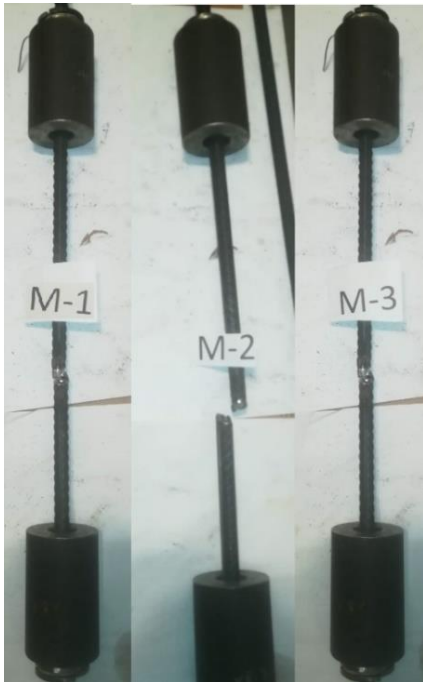
Empalmes D-3/8" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.15

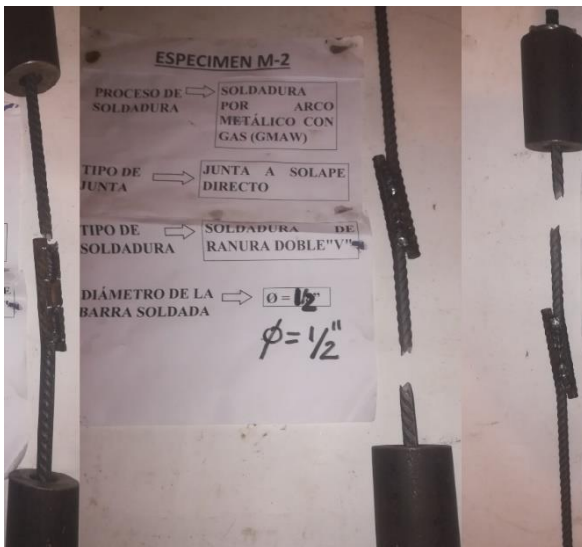
Empalmes A-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.16

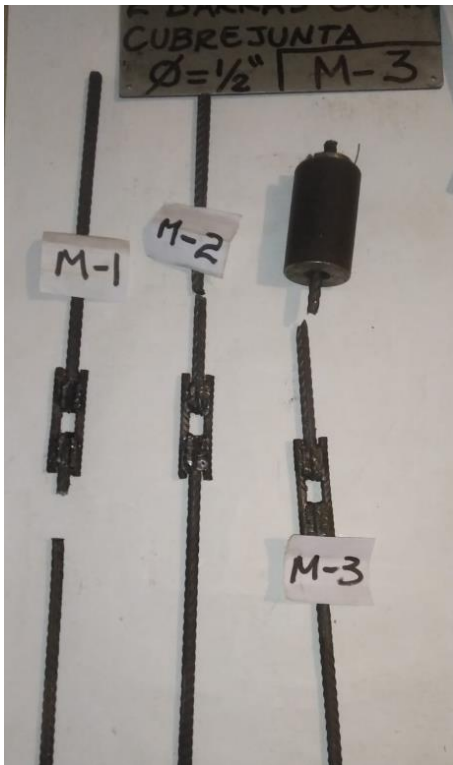
Empalmes B-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.17

Empalmes C-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.18

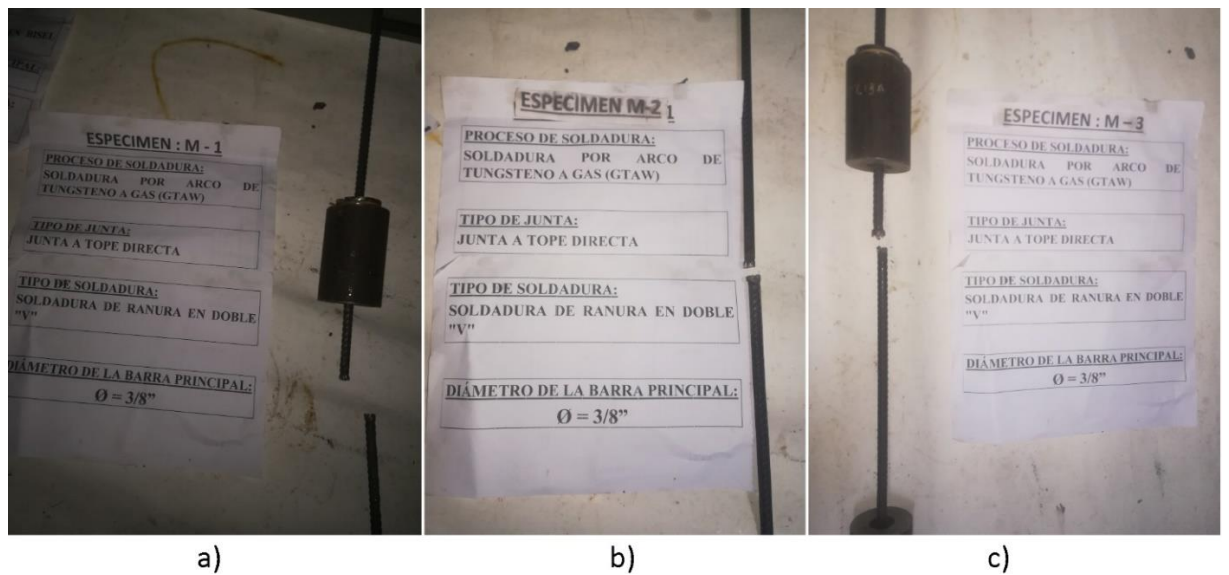
Empalmes D-1/2" (GMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Julio, 2020

Figura I.19

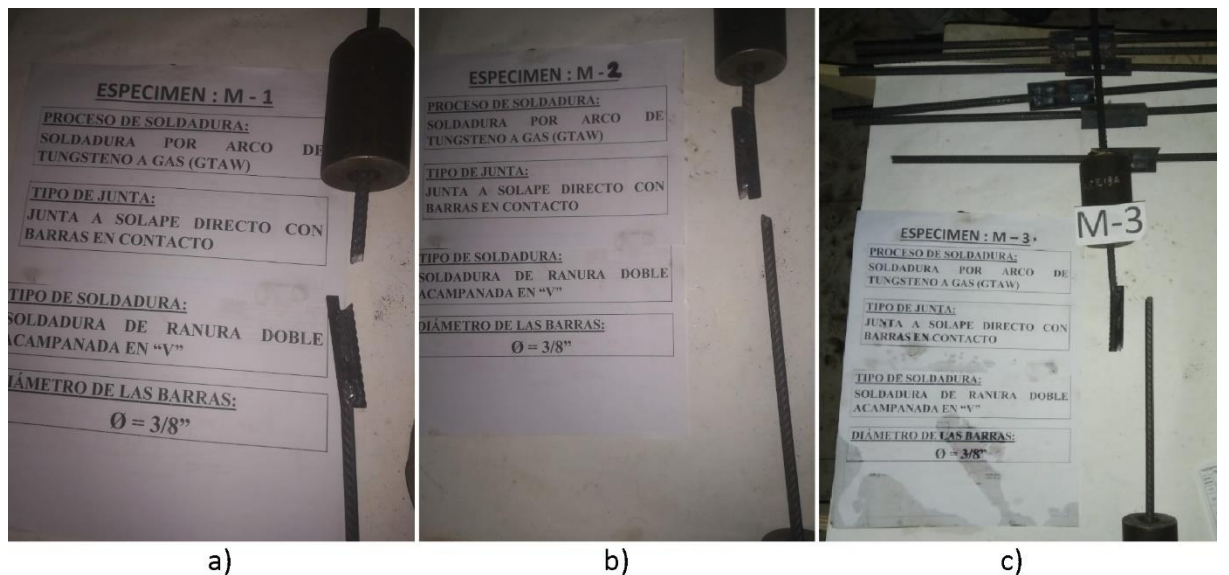
Empalmes A-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.20

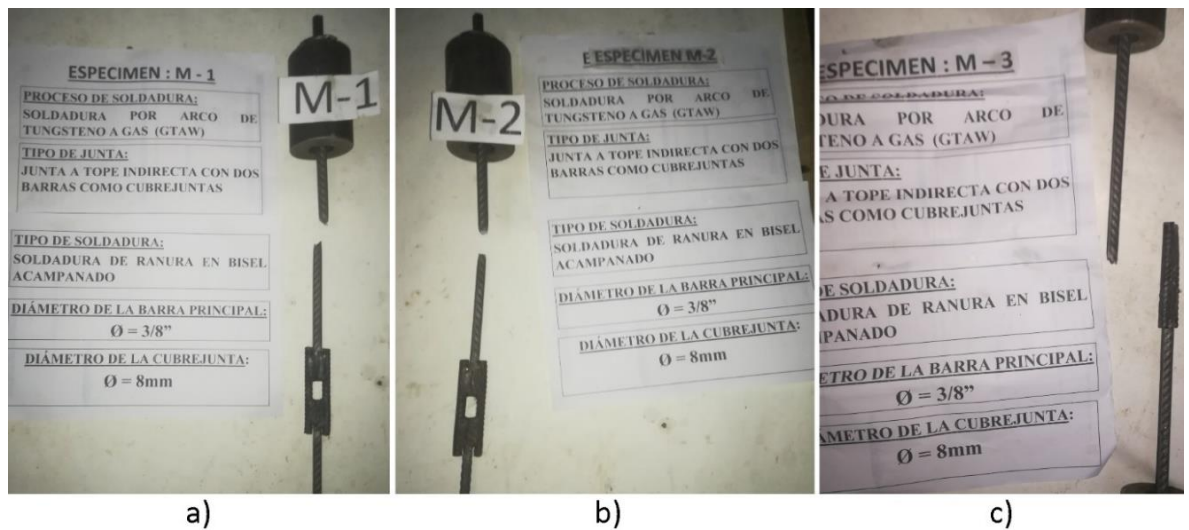
Empalmes B-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.21

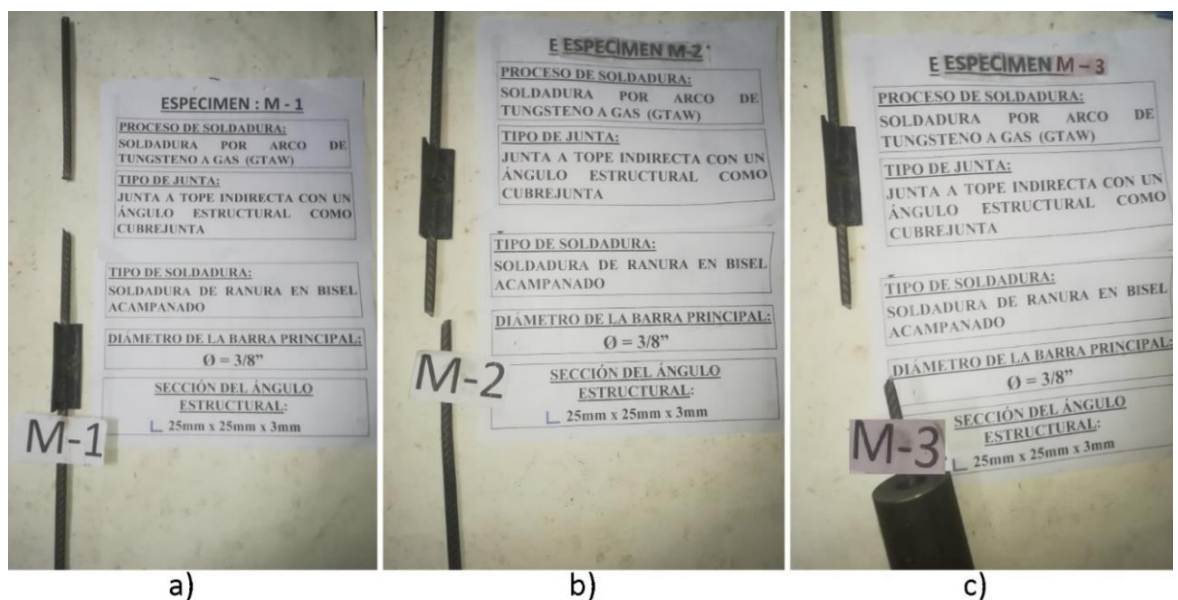
Empalmes C-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.22

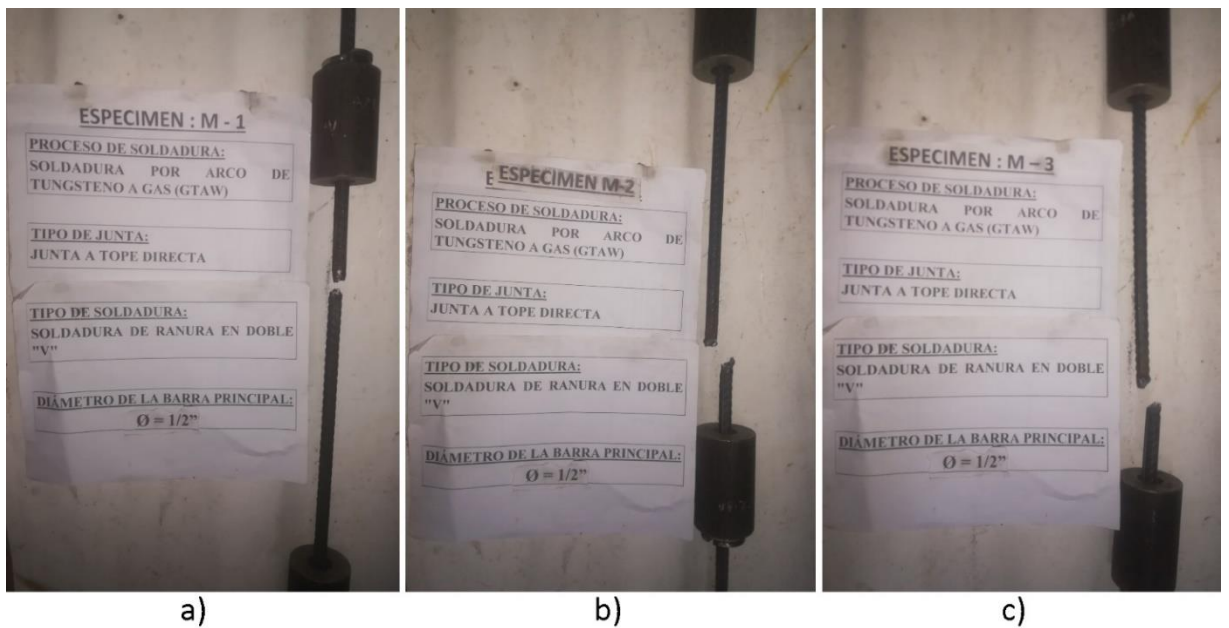
Empalmes D-3/8" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.23

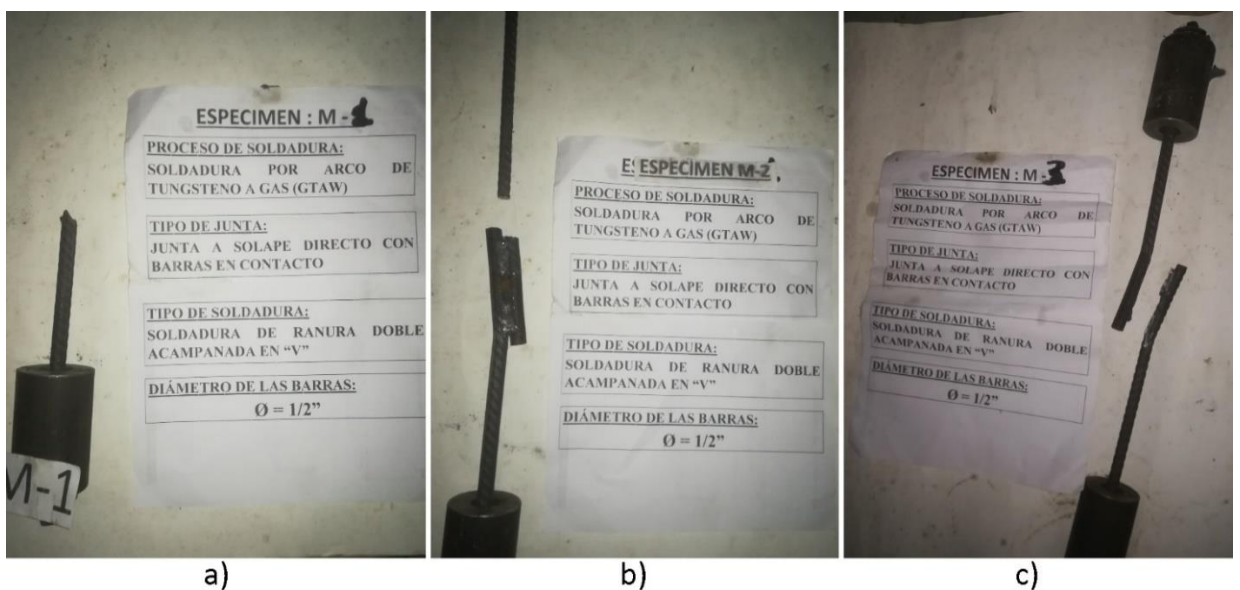
Empalmes A-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.24

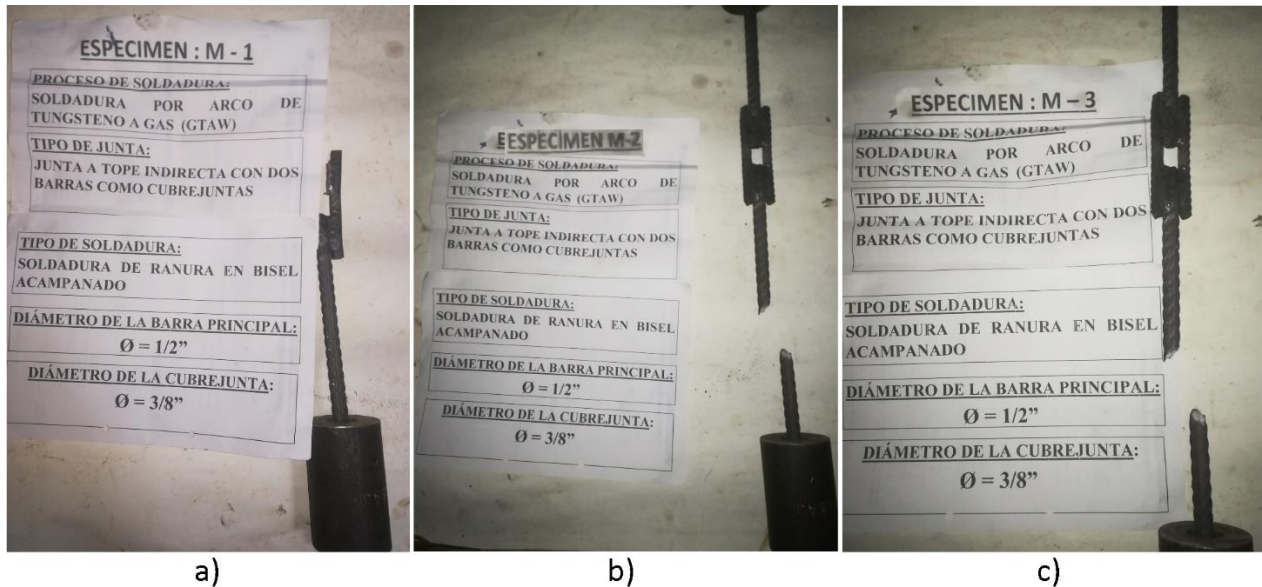
Empalmes B-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.25

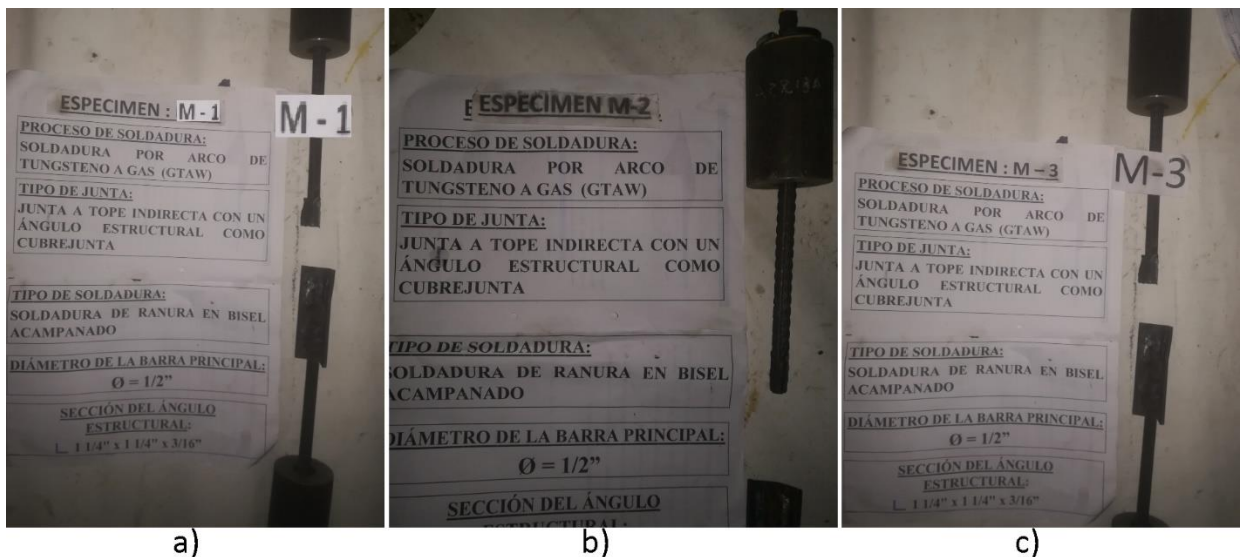
Empalmes C-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.26

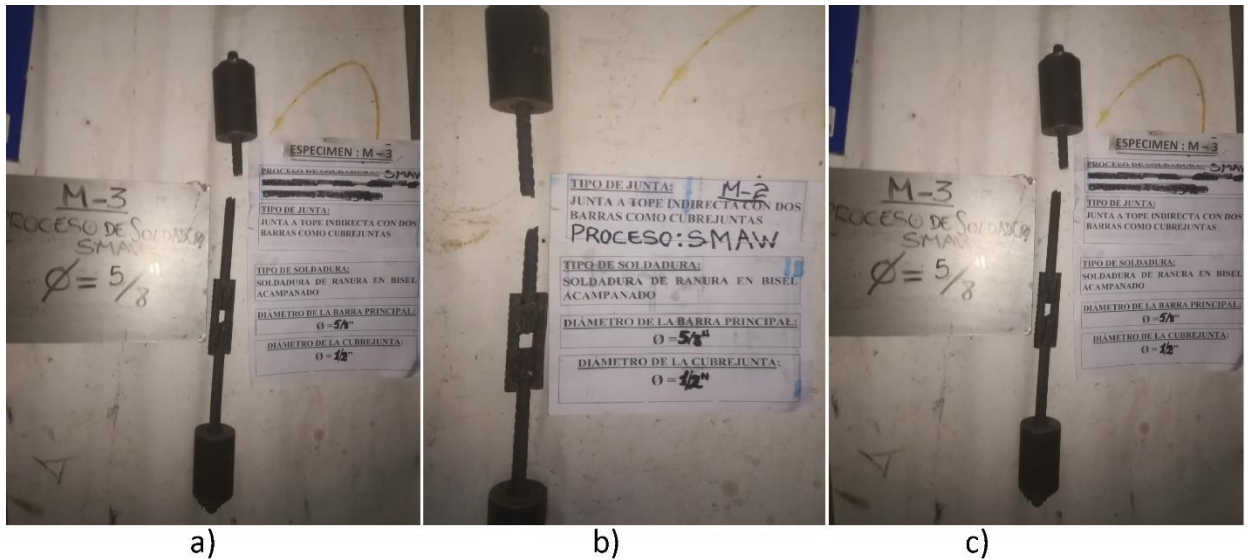
Empalmes D-1/2" (GTAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Figura I.27

Empalmes C-5/8" (SMAW) Después de la Rotura de Tracción



Nota. a) Especimen 1. b) Especimen 2. c) Especimen 3. Fuente: Propia. Fotografía tomada en Noviembre, 2020.

Apéndice J.

Fotografías de las Probetas Después del Doblado

Figura J.1

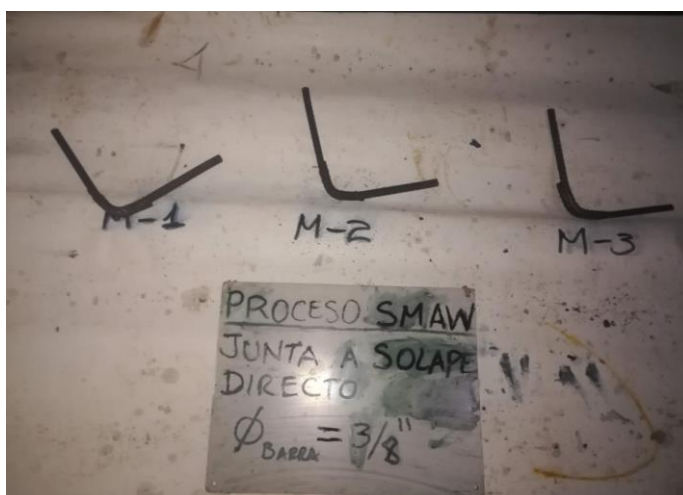
Empalmes A- 3/8" (SMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.2

Empalmes B- 3/8" (SMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.3

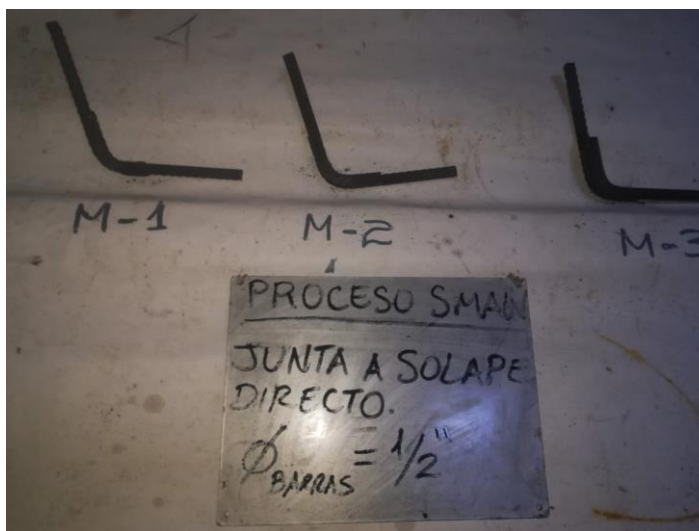
Empalmes A- 1/2" (SMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.4

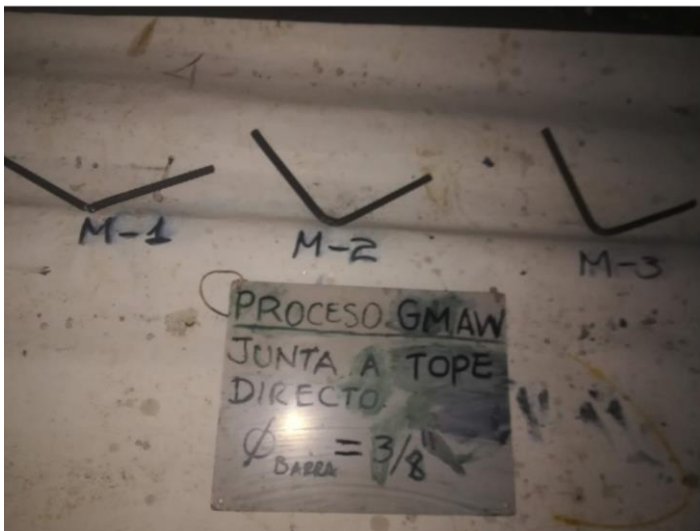
Empalmes B- 1/2" (SMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.5

Empalmes A- 3/8" (GMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.6

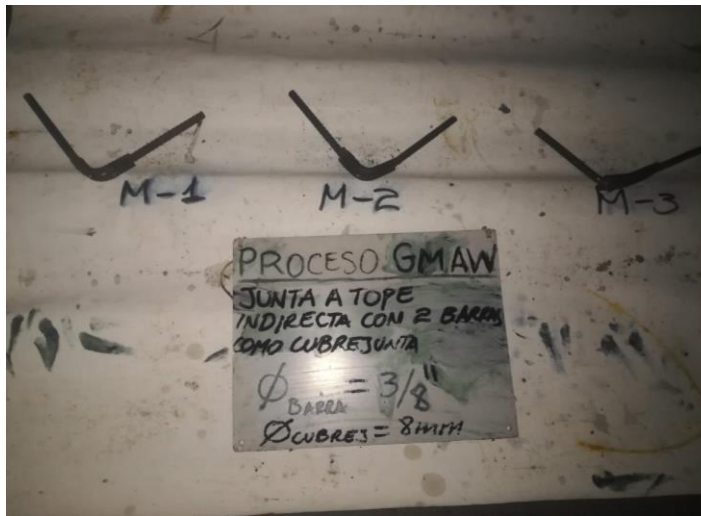
Empalmes B- 3/8" (GMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.7

Empalmes C- 3/8" (GMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.8

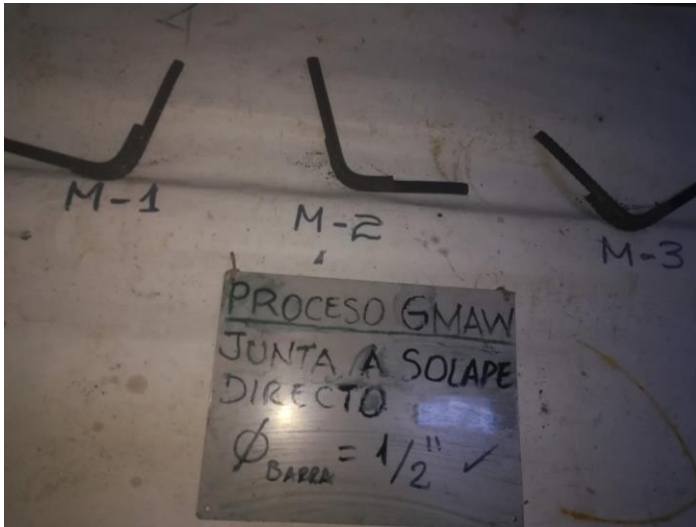
Empalmes A- 1/2" (GMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. Nota: Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.9

Empalmes B- 1/2" (GMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.10

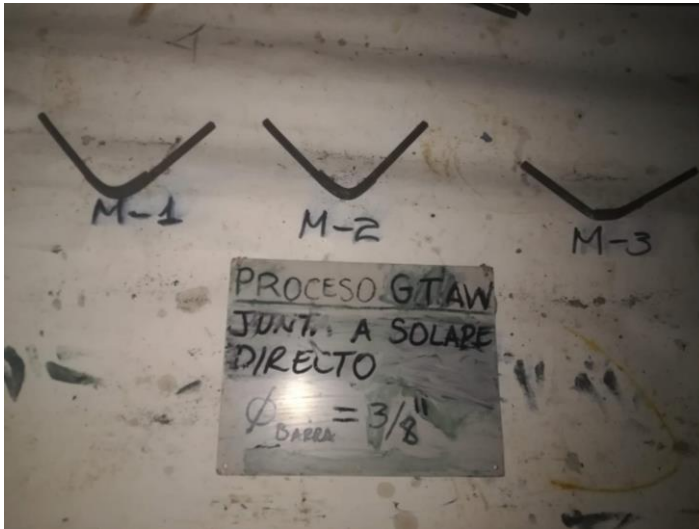
Empalmes A- 3/8" (GTAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.11

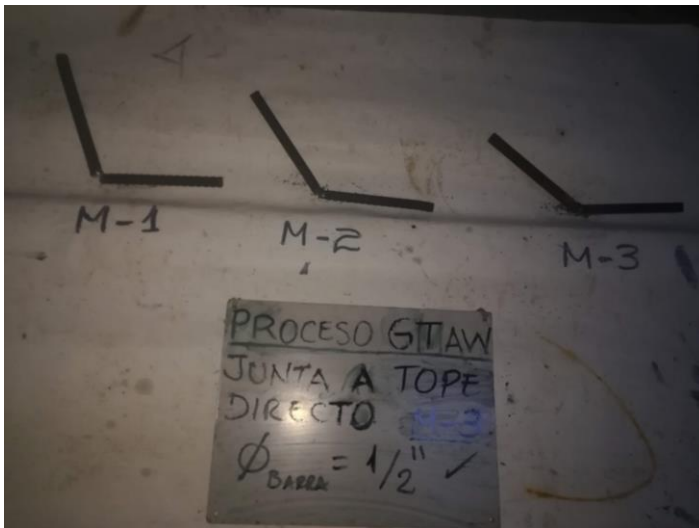
Empalmes B- 3/8" (GTAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.12

Empalmes A- 1/2" (GTAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.13

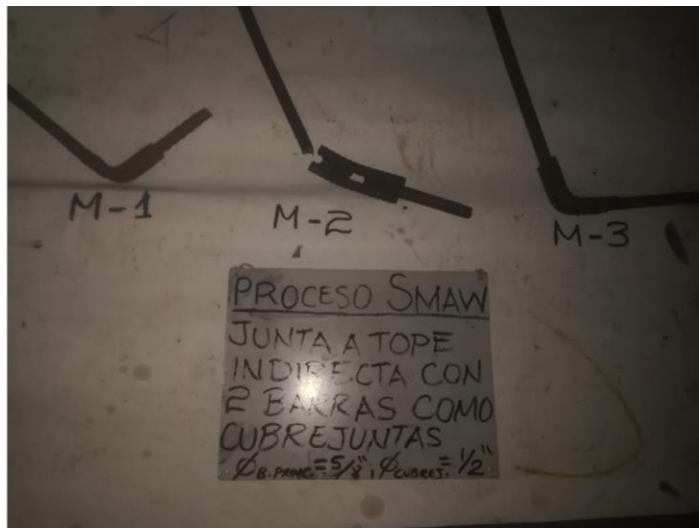
Empalmes B- 1/2" (GTAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Figura J.14

Empalmes C- 5/8" (SMAW) Después del Doblado



Nota. Fuente: Propia. *Nota:* Fotografía tomada en Diciembre, 2020.

Apéndice K.

Ficha de Registro (Recolección de Datos)

PROCESO SMAW/ENSAYO A TRACCIÓN		Especimen 1			Especimen 2			Especimen 3				Observaciones	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	P _{máx} (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	P _{máx} (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	P _{máx} (PSI)	Longitud Inicial (cm)	Longitud Final (cm)	Posición de rotura		Tipo de rotura
3/8"	BARRA PATRÓN	241			254			252					
3/8"	TOPE DIRECTA	200	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	243	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	220	51.75	53.85	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	
3/8"	A SOLAPE	238	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	252	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	268	52.30	58.20	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	256	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	233	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	244		59.10	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	251	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	252	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	262	50.00	58.00	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	se presentaron líneas de cedencia y curvaturas en el ángulo estructural
1/2"	BARRA PATRÓN	475			473			454	53.60	61.60			
1/2"	TOPE DIRECTA	353	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	298	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	302		52.50	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	
1/2"	A SOLAPE	437	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	451	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	448	36.80		en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	418	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	462	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	443	45.60	39.30	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x3/16" COMO CUBREJUNTA	444	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	454	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	466	39.15	46.15	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	

PROCESO GMAW/ENSAYO A TRACCIÓN		Especimen 1			Especimen 2			Especimen 3					Observaciones
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Pmáx (PSI)	Posición de rotura	Tipo de rotura	Pmáx (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	Pmáx (PSI)	Longitud Inicial (cm)	Longitud Final (cm)	Posición de rotura	Tipo de rotura	
3/8"	TOPE DIRECTA	227	en la soldadura	cónica	215	en la soldadura	cónica	200	37.55	ver def del video y adicionar a la long inicial	en la soldadura	cónica	
3/8"	A SOLAPE	280	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica	285	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica	296	34.50	43.05	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	La falla es ca 45°, es por T° y no es recomendable.
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	250	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	259	en la soldadura	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	272	37.89	43.09	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	No hay estricción cuando la rotura es por T° (no recomendable porque es falla frágil)
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	269	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separaron)	261	en la soldadura	desprendimiento del material de relleno de soldadura (la cubrejunta y la barra se separan)	298	37.60	ver def del video y adicionar a la long inicial	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	La soldadura se desprendió, pero hay buena resistencia de soldadura (M1 y M2)
1/2"	TOPE DIRECTA	302	en la soldadura	cónica a 45°	293	en la soldadura	cónica a 45°	338	37.50	39.10	en la soldadura	cónica	
1/2"	A SOLAPE	482	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	458	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	plana y perpendicular a la dirección de aplicación de carga	444	38.35	40.80	en el límite de la junta (fuera del cordón de soldadura)	cónica a 45°	
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	470	en la barra principal (muy cerca la junta de soldadura)	cónica a 45°	458	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	439	38.05	ver def del video y adicionar a la long inicial	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	Si la falla ocurre cerca de la junta y no se sabe la causa. La falla podría ser por T° o en la barra patrón. Si la resistencia es mayor a los ensayos patrón, es rotura en barra patrón, sino es por T°.
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x3/16" COMO CUBREJUNTA	486	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	479	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica a 45°	495	38.40	ver la def. del vernier	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)	cónica	

PROCESO GTAW/ENSAYO A TRACCIÓN		Especimen 1			Especimen 2			Especimen 3				Observaciones	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta	Pmáx (PSI)	Posición de rotura	Tipo de rotura	Pmáx (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	Pmáx (PSI)	Longitud Inicial (cm)	Longitud Final (cm)	Posición de rotura		Tipo de rotura
3/8"	TOPE DIRECTA	204	Soldadura	-	198	Soldadura		222	det. con deform. del vernier	38.77	Soldadura	-	se presentó cangrejas y/o porosidad en la soldadura
3/8"	A SOLAPE	259	Soldadura	a 45°	295	Soldadura	a 45°	293	37.95	42.20	Soldadura	a 45°	
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	273	barra patrón	a 45°	280	barra patrón	cónica	296	37.65	40.65	Soldadura	a 45°	
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	293	barra patrón	a 45°	250	barra patrón	a 45°	284	36.65	43.25	barra patrón		
1/2"	TOPE DIRECTA	247	Soldadura		230	Soldadura	-	293	det. con deform. del vernier	39.25	Soldadura		se presentó cangrejas y/o porosidad en la soldadura
1/2"	A SOLAPE	418	Límite de soldadura	a 45°	476	límite de soldadura	plano horizontal	426	det. con deform. del vernier	41.95		desprendimiento, las barras se despegaron	
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	486	Soldadura	desprendimiento en la junta	429	Soldadura	desprendimiento en la junta	458	37.50	44.25	barra patrón	a 45°	
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x3/16" COMO CUBREJUNTA	353	Soldadura	desprendimiento en la junta. Pésimo proceso constructivo	423	Soldadura	fisura en la soldadura inferior, falla por corte de la soldadura.	293	det. con la def. del vernier	37.49			

PROCESO SMAW/ENSAYO A		M-1			M-2			M-3				Observaciones	
DIÁM. BARRA	TIPO DE JUNTA	P _{máx} (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	P _{máx} (PSI)	Posición de rotura	tipo de rotura	P _{máx} (PSI)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	Posición de rotura		tipo de rotura
5/8"	BARRA PATRÓN	733	en la parte superior a 10.7 cm del apoyo.	cónica	710		cónica	736	det. con deform. del vernier	45.00		cónica	
5/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 1/2" COMO CUBREJUNTAS	737	en la barra principal (alejado de la junta de soldadura)		741	barra patrón	cónica	716	det. con deform. del vernier	42.85	en la barra principal a 5.7 cm del apoyo (alejado de la junta de soldadura)	cónica	

PROCESO SMAW/ENSAYO DE DOBLADO		M-1				M-2				M-3			
DIÁM. BARRA	TIPO DE JUNTA	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.
3/8"	TOPE DIRECTA	30	Se fisura			30	Se fisura	ver video		30	No se fisura	ángulo de doblaz de 85°	
3/8"	A SOLAPE	30	Mínima Fisura en soldadura			30	No se fisura			30	Mínima fisura		
1/2"	TOPE DIRECTA	30	Se fisura	ver video	mandril en la misma junta	30	No se fisura	mandril en la barra (tercio central), fuera de la soldadura		30	Se fisura	ver video para ver en que ángulo ya hay fisuras	mandril sobre la junta
1/2"	A SOLAPE	30	Mínima fisura		No afecta a la soldadura. La barra se rompe (frágil porque se ha cristalizado)	30	Poca fisura	La barra no se rompió, doblaz hasta los 90°.	La barra después de la soldadura sigue elástico, no se volvió frágil.	30	Poca fisura en soldadura	Mandril sobre la barra.	La T° afectó la parte central de la junta. La barra patrón sigue elástica.
5/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 1/2" COMO CUBREJUNTAS	30	Poca fisura	Doblez a 90°	Contacto con mandril con la parte central de la junta sin soldadura.	30	Se fisura	Desprendimiento brusco de la barra principal. Doblez a 90°.	Contacto con mandril con la parte del cordón de soldadura.	30	Poca fisura	Doblez a 90°	

PROCESO GMAW/ENSAYO DE DOBLADO		M-1				M-2				M-3			
DIÁM. BARRA	TIPO DE JUNTA	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.
3/8"	TOPE DIRECTA	30	Se fisura en soldadura			30	No se fisura en soldadura	ang. de 90°		30	Mínima fisura en soldadura.	ang. de 90°	
3/8"	A SOLAPE	30	No fisura	ang. de 90°		30	No fisura	ang. de 90°		30	No fisura	ang. de 90°	
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	30	No fisura	ang. de 90°		30	No fisura	ang. de 90°		30	Se fisura en la barra		Posición Mandril sobre cordón de soldadura.
1/2"	TOPE DIRECTA	30	No fisura	ang. de 90°	Mandril sobre cordón de soldadura	30	Se fisura	ang. de 90°	Mandril sobre cordón de soldadura	30	Se fisura		
1/2"	A SOLAPE	30	Se fisura	ang. de 90°		30	Poca fisura	doblez a un ang. de 90°		30	No fisura	ang. de 90°	

PROCESO GTAW/ENSAYO DE DOBLADO		M-1				M-2				M-3			
DIÁM. BARRA	TIPO DE JUNTA	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.	LONGITUD ESPECIMEN (cm)	SE FISURA / NO SE FISURA	OTROS FENÓMENOS OCURRIDOS	OBS.
3/8"	TOPE DIRECTA	30	Se fisura			30	Se fisura			30	Se fisura		
3/8"	A SOLAPE	30	No fisura	Doble de 90°		30	No fisura	Doble de 90°		30	Se fisura en la barra.		
1/2"	TOPE DIRECTA	30	Se fisura			30	Se fisura			30	Se fisura		
1/2"	A SOLAPE	30	No fisura	Doble de 90°		30	No fisura	Doble de 90°		30	No fisura	Doble de 90°	

Apéndice L

Matriz de Consistencia

Linea de Investigación	Problema de Estudio	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
La soldadura y los empalmes del acero de refuerzo.	Dificultades y negligencia en el uso de empalmes tradicionales del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60, y por ende resistencias inadecuadas, para concreto reforzado en la ciudad de Huaraz-2020	<p>Problema Principal: ¿Cuál es la resistencia de empalmes soldados del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60 para concreto armado?</p>	<p>Objetivo General: Determinar la resistencia de empalmes soldados del acero de refuerzo de acero ASTM A615 Grado 60 para concreto reforzado.</p>	Los empalmes soldados del acero de refuerzo ASTM A615 Grado 60 para concreto armado, poseen resistencias mayores a 1.25fy.	<p>Variable Independiente (X): Soldadura.</p>	<p>Tipo y Nivel de Investigación: a) Según el objetivo esencial: Investigación Aplicada b) Según la orientación del estudio en el tiempo: Investigación Transversal c) Por el enfoque o estudio de variables: Investigación Cuantitativa Investigación Cualitativa d) Según los niveles de su ejecución: Investigación Correlacional Investigación Explicativa e) Según exista o no manipulación en el estudio: Investigación Cuasi-Experimental</p>
		<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la resistencia a tracción de empalmes soldados de varillas de acero ASTM A615 Grado 60, según el tipo de soldadura? • ¿Qué tipo de unión soldada es el más óptimo en el uso de empalmes de varillas de acero ASTM A 615 Grado 60? • ¿Como es el comportamiento frente al doblado del empalme soldado de varillas de acero ASTM A615 Grado 60? 	<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia a tracción de empalmes soldados de varillas de acero ASTM A615 Grado 60, según el tipo de soldadura. • Identificar el tipo de empalme soldado más óptimo en el uso de empalmes de varillas de acero ASTM A 615 Grado 60. • Determinar el comportamiento frente al doblado del empalme soldado de varillas de acero ASTM A615 Grado 60. 			<p>Variable Dependiente (Y): Resistencia del empalme del acero de refuerzo</p>

Apéndice M.

Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional			
		Dimensiones	Indicadores	Índices	Items
Variable Independiente: Soldadura	<i>“Proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan (con o sin la adición de otro metal fundido)”</i> (McCormac y Csernak, 2012, p.469).	Proceso de Soldadura	Tipo de Proceso de Soldadura		<ul style="list-style-type: none"> • Proceso SMAW • Proceso GMAW • Proceso GTAW
		Material de Relleno	Resistencia a la tracción del metal de relleno	<ul style="list-style-type: none"> • Valor 1 (Lb/Plg2) • Valor 2 (Lb/Plg2) • Valor 3 (Lb/Plg2) 	
		Diseño de Junta	Tipo de Junta	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de soldadura (garganta efectiva) • Longitud del cordón de soldadura 	<ul style="list-style-type: none"> • Tope directa • Tope indirecta con un ángulo como cubrejunta • Tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas • Solape directo con barras en contacto
Variable Dependiente: Resistencia del empalme del acero de refuerzo	La resistencia es <i>“la capacidad para soportar determinados esfuerzos sin romperse”</i> (Polanco, Cavia y García, s.f, p.3). Y los empalmes en las varillas de refuerzo se usan debido a las limitaciones en las longitudes de las varillas disponibles, a los requisitos de juntas de construcción y a los cambios de varillas grandes a varillas más pequeñas (McCormac y Brown, 2011). Según dichas afirmaciones, la variable dependiente se define como la capacidad de las conexiones de varillas de acero, de soportar esfuerzos sin romperse.	Resistencia	Resistencia a la tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Los valores del esfuerzo a tracción (Kg/cm2) • Valor del esfuerzo de fluencia especificado (Kg/cm2) 	
		Diámetro de la barra	Diámetro de la barra	<ul style="list-style-type: none"> • 3/8” • 1/2” • 5/8” 	
		Ductilidad	Tipo de falla o fractura a tracción		<ul style="list-style-type: none"> • Superficie de rotura en copa y cono • Superficie de rotura plana
Características del doblado			<ul style="list-style-type: none"> • Presenta agrietamiento • No presenta agrietamiento 		

Apéndice N.

Tablas Estadísticas

Coefficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2		0.7071										
3		0.7071	0.0000									
4		0.6872	0.1677									
5		0.6646	0.2413	0.0000								
6		0.6431	0.2806	0.0875								
7		0.6233	0.3031	0.1401	0.0000							
8		0.6052	0.3164	0.1743	0.0561							
9		0.5888	0.3244	0.1976	0.0947	0.0000						
10		0.5739	0.3291	0.2141	0.1224	0.0399						
11		0.5601	0.3315	0.2260	0.1429	0.0695	0.0000					
12		0.5475	0.3325	0.2347	0.1586	0.0922	0.0303					
13		0.5359	0.3325	0.2412	0.1707	0.1099	0.0539	0.0000				
14		0.5251	0.3318	0.2495	0.1802	0.1240	0.0727	0.0240				
15		0.5150	0.3306	0.2495	0.1878	0.1353	0.0880	0.0433	0.0000			
16		0.5056	0.3290	0.2521	0.1988	0.1447	0.1005	0.0593	0.0196			
17		0.4968	0.3273	0.2540	0.1988	0.1524	0.1109	0.0725	0.0359	0.0000		
18		0.4886	0.3253	0.2553	0.2027	0.1587	0.1197	0.0837	0.0496	0.0163		
19		0.4808	0.3232	0.2561	0.2059	0.1641	0.1271	0.0932	0.0612	0.0303	0.0000	
20		0.4734	0.3211	0.2565	0.2085	0.1686	0.1334	0.1013	0.0711	0.0422	0.0140	
21		0.4643	0.3185	0.2578	0.2119	0.1736	0.1339	0.1092	0.0804	0.0530	0.0263	0.0000
22		0.4590	0.3156	0.2571	0.2131	0.1764	0.1443	0.1150	0.0878	0.0618	0.0368	0.0122
23		0.4542	0.3126	0.2563	0.2139	0.1787	0.1480	0.1201	0.0941	0.0696	0.0459	0.0228
24		0.4493	0.3098	0.2554	0.2145	0.1807	0.1512	0.1245	0.0997	0.0764	0.0539	0.0321
25		0.4450	0.3069	0.2543	0.2148	0.1822	0.1539	0.1283	0.1046	0.0823	0.0610	0.0403
26		0.4407	0.3043	0.2533	0.2151	0.1836	0.1563	0.1316	0.1089	0.0876	0.0672	0.0476
27		0.4366	0.3018	0.2522	0.2152	0.1848	0.1584	0.1346	0.1128	0.0923	0.0728	0.0540
28		0.4328	0.2992	0.2510	0.2151	0.1857	0.1601	0.1372	0.1162	0.0965	0.0778	0.0598
29		0.4291	0.2968	0.2499	0.2150	0.1864	0.1616	0.1395	0.1192	0.1002	0.0822	0.0650
30		0.4254	0.2944	0.2487	0.2148	0.1870	0.1630	0.1415	0.1219	0.1036	0.0862	0.0697
31		0.4220	0.2921	0.2475	0.2145	0.1874	0.1641	0.1433	0.1243	0.1066	0.0899	0.0739
32		0.4188	0.2898	0.2463	0.2141	0.1878	0.1651	0.1449	0.1265	0.1093	0.0931	0.0777
33		0.4156	0.2876	0.2451	0.2137	0.1880	0.1660	0.1463	0.1284	0.1118	0.0961	0.0812
34		0.4127	0.2854	0.2439	0.2132	0.1882	0.1667	0.1475	0.1301	0.1140	0.0988	0.0844
35		0.4096	0.2834	0.2427	0.2127	0.1883	0.1673	0.1487	0.1317	0.1160	0.1013	0.0873
36		0.4068	0.2813	0.2415	0.2121	0.1883	0.1678	0.1496	0.1331	0.1179	0.1036	0.0900
37		0.4040	0.2794	0.2403	0.2116	0.1883	0.1683	0.1505	0.1344	0.1196	0.1056	0.0924
38		0.4015	0.2774	0.2391	0.2110	0.1881	0.1686	0.1513	0.1356	0.1211	0.1075	0.0947
39		0.3989	0.2755	0.2380	0.2104	0.1880	0.1689	0.1520	0.1366	0.1225	0.1092	0.0967
40		0.3964	0.2737	0.2368	0.2098	0.1878	0.1691	0.1526	0.1376	0.1237	0.1108	0.0986
41		0.3940	0.2719	0.2357	0.2091	0.1876	0.1693	0.1531	0.1384	0.1249	0.1123	0.1004
42		0.3917	0.2701	0.2345	0.2085	0.1874	0.1694	0.1535	0.1392	0.1259	0.1136	0.1020
43		0.3894	0.2684	0.2334	0.2078	0.1871	0.1695	0.1539	0.1398	0.1269	0.1149	0.1035
44		0.3872	0.2667	0.2323	0.2072	0.1868	0.1695	0.1542	0.1405	0.1278	0.1160	0.1049
45		0.3850	0.2651	0.2313	0.2065	0.1865	0.1695	0.1545	0.1410	0.1286	0.1170	0.1062
46		0.3830	0.2635	0.2302	0.2058	0.1862	0.1695	0.1548	0.1415	0.1293	0.1180	0.1073
47		0.3808	0.2620	0.2291	0.2052	0.1859	0.1695	0.1550	0.1420	0.1300	0.1189	0.1085
48		0.3789	0.2604	0.2281	0.2045	0.1855	0.1693	0.1551	0.1423	0.1306	0.1197	0.1095
49		0.3770	0.2589	0.2271	0.2038	0.1851	0.1692	0.1553	0.1427	0.1312	0.1205	0.1105
50		0.3751	0.2574	0.2260	0.2032	0.1847	0.1691	0.1554	0.1430	0.1317	0.1212	0.1113

Fuente: Tomado de <https://www.ugr.es/~jjserra/Tablas.pdf>.

Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks.

n	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.937	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

Fuente: Tomado de <https://www.ugr.es/~jjserra/Tablas.pdf>.

Apéndice O.

Prueba de Hipótesis Para Datos no Normales (Test de Wilcoxon)

O.1. Muestra Patrón 3/8" y Muestra del Empalme D-3/8" (SMAW)

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
"fu" de la muestra patrón 3/8"	3	7262,7333	204,17500	7029,39	7408,57
"fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW	3	7437,7400	177,41692	7321,07	7641,91

Wilcoxon Signed Ranks Test

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
"fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW - "fu" de la muestra patrón 3/8"	Rangos negativos	1 ^a	1,00	1,00
	Rangos positivos	2 ^b	2,50	5,00
	Empates	0 ^c		
	Total	3		

a. "fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW < "fu" de la muestra patrón 3/8"

b. "fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW > "fu" de la muestra patrón 3/8"

c. "fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW = "fu" de la muestra patrón 3/8"

Estadísticos de contraste^a

	"fu" de la muestra de empalme soldado D-3/8" - SMAW - "fu" de la muestra patrón 3/8"
Z	-1,069 ^d
Sig. asintót. (bilateral)	,285

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

O.2. Muestra Patrón 3/8" y Muestra del Empalme C-1/2" (SMAW)

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
"fu" de la muestra patrón 1/2"	3	7502,3300	186,06669	7288,28	7625,41
"fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW)	3	7079,5900	354,26808	6710,36	7416,71

Wilcoxon Signed Ranks Test

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
"fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW) - "fu" de la muestra patrón 1/2"	Rangos negativos	3 ^a	6,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00
	Empates	0 ^c	
	Total	3	

a. "fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW) < "fu" de la muestra patrón 1/2"

b. "fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW) > "fu" de la muestra patrón 1/2"

c. "fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW) = "fu" de la muestra patrón 1/2"

Estadísticos de contraste^a

	"fu" de la muestra de empalme soldado C-1/2" (SMAW) - "fu" de la muestra patrón 1/2"
Z	-1,604 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,109

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

O.3. Muestra Patrón 1/2" y Muestra del Empalme C-1/2" (GMAW)

NPar Tests

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
"fu" patrón 1/2"	3	7502,33	186,06669	7288,28	7625,41
"fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW)	3	7315,04	250,93586	7047,48	7545,14

Wilcoxon Signed Ranks Test

Rangos

	N	Rango promedio
"fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) - "fu" patrón 1/2"	3 ^a	2,00
Rangos negativos	0 ^b	,00
Rangos positivos	0 ^c	
Empates		
Total	3	

Rangos

	Suma de rangos
"fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) - "fu" patrón 1/2"	6,00
Rangos negativos	,00
Rangos positivos	
Empates	
Total	

- a. "fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) < "fu" patrón 1/2"
- b. "fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) > "fu" patrón 1/2"
- c. "fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) = "fu" patrón 1/2"

Estadísticos de contraste^a

	"fu" empalme soldado C-1/2" (GMAW) - "fu" patrón 1/2"
Z	-1,633 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,102

- a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
- b. Basado en los rangos positivos.

O.4. Muestra Patrón 3/8" y Muestra del Empalme B-3/8" (GTAW)

NPar Tests

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
"fu" de la muestra patrón 3/8"	3	7262,7333	204,17500	7029,39	7408,57
"fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW)	3	8234,9867	590,11782	7554,41	8604,44

Wilcoxon Signed Ranks Test

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
"fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW) - "fu" de la muestra patrón 3/8"	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	3 ^b	2,00	6,00
	Empates	0 ^c		
	Total	3		

a. "fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW) < "fu" de la muestra patrón 3/8"

b. "fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW) > "fu" de la muestra patrón 3/8"

c. "fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW) = "fu" de la muestra patrón 3/8"

Estadísticos de contraste^a

	"fu" de la muestra de empalme soldado B-3/8" (GTAW) - "fu" de la muestra patrón 3/8"
Z	-1,633 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,102

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Apéndice P.

Certificado de Calibración de la Máquina Universal – Tracción.

AM3

AM3 Ingeniería & Negocios SAC


RUC: 20513903261
Dirección: Av. Nicolás Ayllón 2941 Piso 7 Of. 7Q
El Agustino-Lima
Código Postal: Lima 10
Teléfono: 986 776 783
Email: serviciotecnico@am3.com.pe


N° de certificado:	30102019-2
Fecha de emisión:	30/10/2019
Fecha de vencimiento:	30/10/2020

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: Fernando Miguel Arias Enriquez
RUC: 10316017148
Dirección: Av. Manco Capac N° 573 - Huaraz - Ancash
Atención: Ing. Fernando Miguel Arias Enriquez

EQUIPO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
MARCA:	UNIVERSAL FME
MODELO:	FME-2011 - A
N° DE SERIE EQUIPO:	FME-2011 - A/01
CAPACIDAD:	1200 KN
INDICADOR	Manómetro Digital SCJN-Mini Press
DIVISIÓN DE ESCALA	1 PSI
PROCEDENCIA	Perú
PATRÓN DE REFERENCIA:	Celda transductor CCDHA-2000 KN-004-000
N° DE SERIE DE PATRÓN DE REFERENCIA:	56638
METODO DE CALIBRACION	ASTM E-4 "Metodo Estandar para verificacion de Fuerza para Maquina de ensayo"
TEMP. INICIAL (°C)	17 HUMEDAD INICIAL (%) 66
TEMP. FINAL (°C)	17 HUMEDAD FINAL (%) 66
TIPO DE VERIFICACIÓN:	Directa-Verificada con celda de carga probada y calibrada usando trazabilidad UKAS.
REFERENCIA DE TRAZABILIDAD	Certificado N° 14072017 / APPLIED MEASUREMENTS LTD
FECHA DE VERIFICACION:	29/10/2019
LUGAR DE VERIFICACIÓN	Laboratorio del Cliente, Av. Manco Capac N° 573 - Huaraz - Ancash
N° DE PAGINAS	2


HECHO POR
Antonio Pelayo Misari


ALDO MARCO
MUCHA MALLAUPOMA
Ingeniero Civil
CIP N° 234122
REVISADO POR
Ing. Aldo Mucha Mallaupoma

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin alteraciones posterior a la autorización asignada por AM3 Ingeniería & Negocios S.A.C.
Este certificado de verificación sin firma y sello carece de validez.

AM3

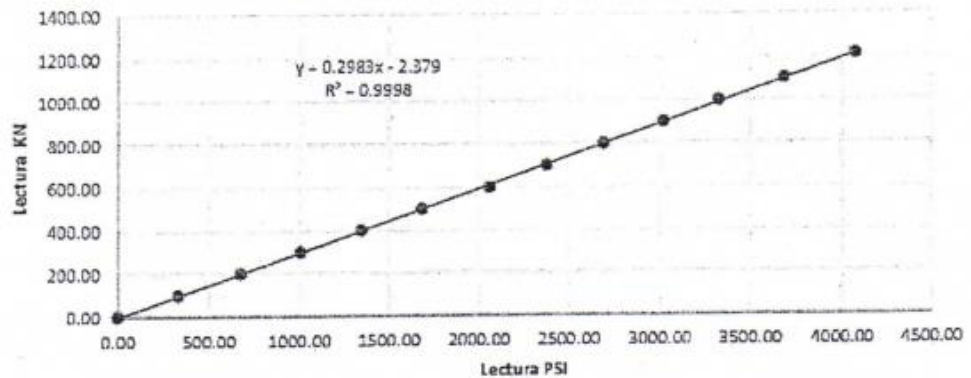
RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Medición por Comparación de Patron (KN) vs Equipo (PSI)

Nº Medición	Lectura de Patron de Calibración (kN)	Lectura del Equipo (PSI)
1	0.00	0.00
2	97.83	332.00
3	200.10	674.00
4	300.42	1005.00
5	400.23	1346.00
6	499.52	1681.00
7	598.02	2056.00
8	698.90	2379.00
9	800.10	2690.00
10	900.12	3021.00
11	998.88	3329.00
12	1100.37	3684.00
13	1212.08	4074.00

Gráfico de Correlación entre Lectura del Patron y Lectura del Equipo

TABLA DE CONVERSION DE PSI - KN



Factor de Conversion de Lectura del Equipo (PSI a KN)

Lectura de Carga Corregida (kN) = $0.2983X - 2.379$

Donde:

X : Lectura en el manómetro en PSI

Observaciones / Indicaciones

El cliente debe mantener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo según el uso, carga de trabajo y mantenimiento, según corresponda.

El equipo se encuentra CALIBRADO

Apéndice Q.

Validación de Ensayos.

ENSAYO DE TRACCIÓN							
RESULTADOS DE LABORATORIO							
SOLICITADO POR		: ERLIN SMITH BARRETO VEGA					
DIRECCIÓN		: AV. MANCO CAPAC N°573 - HUARAZ - ANCASH					
MUESTRAS		: EMPALMES DEL PROCESO DE SOLDADO "GMAW"					
FECHA DE EJECUCIÓN		: AGOSTO - SETIEMBRE 2020					
RESULTADOS							
MUESTRAS		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 1		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 2		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 3	
Díam. Barra Principal	Tipo de Junta Soldada	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)
3/8"	TOPE DIRECTA	227	4700.9	215	4452.4	200	4141.8
3/8"	A SOLAPE	280	5798.5	285	5902.1	296	6129.9
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	250	5177.3	259	5363.6	272	5632.8
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	269	5570.7	261	5405	298	6171.3
1/2"	TOPE DIRECTA	302	6254.1	293	6067.7	338	6999.6
1/2"	A SOLAPE	482	9981.7	458	9484.7	444	9194.8
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	470	9733.2	458	9484.7	439	9091.3
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x1/16" COMO CUBREJUNTA	486	10064.6	479	9919.6	495	10251

OBSERVACIONES

1. X: LECTURA MÁXIMA EN EL MANÓMETRO EN PSI
2. F: FACTOR DE CONVERSIÓN DE LECTURA DEL EQUIPO (PSI a Kgf)
3. P: LECTURA DE CARGA MÁXIMA APLICADA Y CORREGIDA EN Kgf $P = F \cdot X$


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Directivo Regional - Huánuco - Huancayo - Moray

ING. CIP FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRÍQUEZ
 INGENIERO CIVIL
 N.º 8. CIP Nº 78878

ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : ERLIN SMITH BARRETO VEGA
 DIRECCIÓN : AV. MANCO CAPAC N°573 - HUARAZ - ANCASH
 MUESTRAS : EMPALMES DEL PROCESO DE SOLDADO "GTAW"
 FECHA DE EJECUCIÓN : SETIEMBRE - OCTUBRE 2020

RESULTADOS

MUESTRAS		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 1		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 2		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 3	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta Soldada	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)
3/8"	TOPE DIRECTA	204	4224.6	198	4100.4	222	4597.4
3/8"	A SOLAPE	259	5363.6	295	6109.2	293	6067.7
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	273	5653.6	280	5798.5	296	6129.9
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	293	6067.7	250	5177.3	284	5881.4
1/2"	TOPE DIRECTA	247	5115.1	230	4763.1	293	6067.7
1/2"	A SOLAPE	418	8656.4	476	9857.5	426	8822
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	486	10064.6	429	8884.2	458	9484.7
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x3/16" COMO CUBREJUNTA	353	7310.3	423	8759.9	293	6067.7

OBSERVACIONES

1. X: LECTURA MÁXIMA EN EL MANÓMETRO EN PSI
2. F: FACTOR DE CONVERSIÓN DE LECTURA DEL EQUIPO (PSI a Kgf)
3. P: LECTURA DE CARGA MÁXIMA APLICADA Y CORREGIDA EN Kgf. $P = F \cdot X$



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz

Ing. CIP FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 74818

ENSAYO DE TRACCIÓN
RESULTADOS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : ERLIN SMITH BARRETO VEGA
 DIRECCIÓN : AV. MANCO CAPAC N°573 - HUARAZ - ANCASH
 MUESTRAS : BARRAS PATRÓN Y EMPALMES DEL PROCESO DE SOLDADO "SMAW"
 FECHA DE EJECUCIÓN : NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2019

RESULTADOS

MUESTRAS		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 1		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 2		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 3	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta Soldada	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)
3/8"	BARRA PATRÓN	241	4990.9	254	5260.1	252	5218.7
3/8"	TOPE DIRECTA	200	4141.8	243	5032.3	220	4556
3/8"	A SOLAPE	238	4928.7	252	5218.7	268	5550
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 8mm COMO CUBREJUNTAS	256	5301.5	233	4825.2	244	5053
3/8"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 25mmx25mmx3mm COMO CUBREJUNTA	251	5198	252	5218.7	262	5425.8
1/2"	BARRA PATRÓN	475	9836.8	473	9795.4	454	9401.9
1/2"	TOPE DIRECTA	353	7310.3	298	6171.3	302	6254.1
1/2"	A SOLAPE	437	9049.8	451	9339.8	448	9277.6
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 3/8" COMO CUBREJUNTAS	418	8656.4	462	9567.6	443	9174.1
1/2"	A TOPE INDIRECTA CON 1 ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/4"x1 1/4"x3/16" COMO CUBREJUNTA	444	9194.8	454	9401.9	466	9650.4

OBSERVACIONES

1. X: LECTURA MÁXIMA EN EL MANÓMETRO EN PSI
2. F: FACTOR DE CONVERSIÓN DE LECTURA DEL EQUIPO (PSI a Kgf)
3. P: LECTURA DE CARGA MÁXIMA APLICADA Y CORREGIDA EN Kgf. $P = F \cdot X$


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz

Ing. CIP FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 70878

ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : ERLIN SMITH BARRETO VEGA
DIRECCIÓN : AV. MANCO CAPAC N°573 - HUARAZ - ANCASH
MUESTRAS : BARRAS PATRÓN EMPALMES DE 5/8" DEL PROCESO DE SOLDADURA "SMAW"
FECHA DE EJECUCIÓN : OCTUBRE 2020

RESULTADOS

MUESTRAS		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 1		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 2		CARGA MÁXIMA EN EL ESPECIMEN N° 3	
Diám. Barra Principal	Tipo de Junta Soldada	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)	LECTURA DEL EQUIPO: X (PSI)	LECTURA DE CARGA CORREGIDA: P (Kgf)
5/8"	BARRA PATRÓN	733	15179.7	710	14703.4	736	15241.8
5/8"	A TOPE INDIRECTA CON 2 BARRAS DE 1/2" COMO CUBREJUNTAS	737	15262.5	741	15345.4	716	14827.6

OBSERVACIONES

1. X: LECTURA MÁXIMA EN EL MANÓMETRO EN PSI
2. F: FACTOR DE CONVERSIÓN DE LECTURA DEL EQUIPO (PSI a Kgf)
3. P: LECTURA DE CARGA MÁXIMA APLICADA Y CORREGIDA EN Kgf. $P = F * X$


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz

ING. MIGUEL FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ
INGENIERO CIVIL
REG. GIP N° 74276

Apéndice R.

Protocolos del Diseño de Empalmes Soldados

N°	Etapa	Descripción	Imagen Referencial				Verificación		
			Tipo de junta	Tipo de soldadura	AWS D1.4	UNE 36832			
01	Definición del tipo de junta y tipo de soldadura	Definir la geometría del empalme según los criterios indicados en la norma AWS D1.4 y en la norma UNE 36832 (Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para concreto estructural)	Tope directa	ranura en bisel doble				SI	NO
			Solape directo con barras en contacto	Ranura doble acampanada en "V"				SI	NO
			Tope indirecta con 2 barras como cubrejuntas	ranura acampanada en "V"				SI	NO
			Tope indirecta con un ángulo como cubrejunta	ranura en bisel acampanado				SI	NO
02	Esquematzación del tipo de junta	Esquematzar la geometría de la junta bajo las recomendaciones del código AWD D1.4 y los requisitos de la UNE 36832					SI	NO	

N°	Etapa	Descripción	Imagen Referencial	Verificación	
03	Determinación de los valores del metal base (acero de refuerzo ASTM A615 G60)	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la resistencia a la fluencia por tensión: $Rn = Fy \cdot Ag$ - Determinar la resistencia de la fractura o ruptura por tensión: $Rn = Fu \cdot Ae$ - Determinar el área requerida de las varillas como cubrejuntas (en caso de que el tipo de unión lo requiera) igualando las fuerzas de tracción en las cubrejuntas con las de la varilla principal según las ecuaciones: $Ag \cdot Fy = Ac \cdot fy$, $Ag \cdot Fu = Ac \cdot Fu$ 		SI	NO
04	Diseño de la soldadura	Identificar el tipo de soldadura para el uso Tabla J2.5 (ANSI/AISC 360-10)		SI	NO
05	Determinación de la resistencia de la soldadura	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la profundidad de bisel y de la garganta efectiva según la posición, proceso y tipo de ranura de soldadura según la tabla J2.1 y J2.3 de la AISC 360-10 - Determinar la resistencia al corte de la soldadura con $Rn = 0.60 F_{EXX} \cdot E$ - Determinar la longitud de cordón de soldadura que se requiere - Calcular la longitud de cordón de soldadura según la figura 6.5B (AWS D1.4, p.41): $L = \frac{5.23Fu(D)}{F_{xx}(n)}$ - Calcular la longitud de cordón de soldadura según la UNE-EN ISO 17660-2, donde: $L_{min} = 2.5\phi$ (mm) - Tomar el mayor valor obtenido para la longitud de cordón de soldadura 		SI	NO
06	Determinación de los empalmes soldados definidos	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la resistencia del metal base, y deberá ser el valor mínimo de la fluencia por tensión y de la resistencia de la fractura o ruptura por tensión. - Determinar la resistencia de la soldadura: $Rn = 0.60 F_{EXX} \cdot E \cdot L \cdot n$ - Determinar la resistencia del empalme, esta será el valor mínimo calculado entre el acero de refuerzo y la soldadura 		SI	NO

Nota.

- Fy: Esfuerzo mínimo de fluencia especificado del acero de refuerzo ASTM A615 G60
- Fu: Esfuerzo de rotura mínimo especificado del acero de refuerzo ASTM A615 G60
- Ag: área nominal de la varilla
- Ae=Ag. U: Área neta efectiva, donde U es el factor de corte diferido (Ver Tabla C.2 (ANSI/AISC 360-10, Tabla D3.1): Caso I, suponer el caso más conservador)
- Ac: área total de las cubrejuntas
- F_{EXX}: Esfuerzo de tensión especificado del material de relleno de soldadura
- E: Garganta efectiva



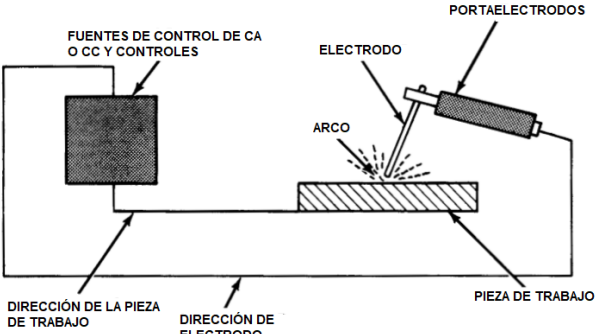
Fuente. Propia

- L: Longitud de soldadura
- n: número de cordones de soldadura
- $\phi = D$: diámetro nominal de la varilla principal



Apéndice S.

Protocolos de Elaboración de Empalmes Soldados de Acero de Refuerzo ASTM A615 G60

N°	Actividad	Procedimiento								Imagen referencial	Verificación					
		Procedimiento	Proceso	Posición	Otros Parámetros de Soldadura				Velocidad de viaje (mm/min)		SI	NO				
01	Protección del medio ambiente	No es necesario en el proceso de soldadura SMAW. En cambio, en los procesos GMAW y GTAW, proteger a la soldadura del viento. Es decir, cubrir el ambiente de la zona con algún tipo de cobertura que evite el contacto con el viento.									SI	NO				
02	Limpieza de varillas	Realizar la limpieza mediante el método de escobillado en la zona a soldar (extremos de las 2 varillas), es decir se debe quitar las partículas extrañas del material. Sin embargo, si la varilla presenta óxido u otros materiales extraños, es necesario retirar las corrugas con una amoladora de manera superficial sin afectar la sección transversal nominal de la varilla.									SI	NO				
03	Corte de varillas	Realizar el corte en frío de las cubrejuntas (varillas de acero corrugado y ángulos estructurales) en el caso de utilizar empalmes con cubrejunta, según las dimensiones indicadas en los planos de detalle.									SI	NO				
04	Marcación de varillas	Realizar las marcas en los extremos a soldar de las varillas, según las longitudes de cordones de soldadura a usar (indicados en los planos).									SI	NO				
05	Acomodo, Apuntalamiento de varillas y Precalentamiento (por lo menos a 150°C)	Realizar el apuntalamiento por el método similar al paso raíz de soldadura. Es decir, unir previamente ambas varillas mediante la aplicación de puntos superficiales de soldadura, con una longitud de 2-3mm de apuntalamiento por cada punto. Donde el número de puntos depende de la cantidad de cordones de soldadura a usar.									SI	NO				
06	Soldadura de las varillas	Procedimiento	SMAW	Horizontal (2G)	Otros Parámetros de Soldadura				Velocidad de viaje (mm/min)	Esquema según el tipo de Proceso		SI	NO			
		Realizar el cordón de soldadura en un solo sentido, a lo largo de las marcaciones y controlando el espesor efectivo de las gargantas de soldadura según los planos de detalle			Número de pasada	Diámetro del electrodo (pulg)	Corriente					Velocidad de viaje (mm/min)	SI	NO		
						Tipo	Rango de amperaje (A)	Rango de voltaje (V)		SI	NO					
										SI	NO					
						Vertical (3G)	Corriente				Velocidad de viaje (mm/min)			SI	NO	
							Número de pasada	Diámetro del electrodo (pulg)		Tipo				Rango de amperaje (A)	Rango de voltaje (V)	SI
														SI	NO	
										SI	NO					
										SI	NO					
										SI	NO					



N°	Actividad	Procedimiento							Imagen referencial	Verificación			
		Horizontal (2G)	Número de pasada	Diámetro del alambre (mm)	Corriente			Velocidad de viaje (mm/min)					
					GMAW	Horizontal (2G)	1 (raíz)		1.00			Directa	100-130
		2 (relleno)	1.00	Directa			100-130	20-30	100-120	SI	NO		
		3 (acabado)	1.00	Directa			100-130	20-30	100-120	SI	NO		
		Vertical (3G)	Número de pasada	Diámetro del alambre (mm)		Tipo	Rango de amperaje (A)	Rango de voltaje (V)	Velocidad de viaje (mm/min)				
			1 (raíz)	1.00		Directa	100-130	20-30	100-120				
			2 (relleno)	1.00		Directa	100-130	20-30	100-120				
		3 (acabado)	1.00	Directa	100-130	20-30	100-120						
		Horizontal (2G)	Número de pasada	Diámetro del electrodo (pulg)	Tipo	Rango de amperaje (A)	Rango de voltaje (V)	Velocidad de viaje (mm/min)					
			1 (raíz)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70					
			2 (relleno)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70					
		Vertical (3G)	Número de pasada	Diámetro del electrodo (pulg)	Tipo	Rango de amperaje (A)	Rango de voltaje (V)	Velocidad de viaje (mm/min)					
			1 (raíz)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70					
2 (relleno)	3/32		Directa	100-120	20-25	60-70							
		GTAW	Horizontal (2G)	3 (acabado)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO		
				1 (raíz)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO		
				2 (relleno)	3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO		
Vertical (3G)	3 (acabado)		3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO				
	1 (raíz)		3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO				
	2 (relleno)		3/32	Directa	100-120	20-25	60-70	SI	NO				
07	Desprendimiento de escoria y enfriamiento del empalme	Realizar el desprendimiento de las escorias que se producen en el momento de soldar las varillas, golpeando ligeramente con otra varilla a la soldadura y con lo cual ya se podrán visualizar los cordones de manera uniforme. Posteriormente esperar por lo menos 30 minutos como mínimo para el enfriado.								SI	NO		

Nota.


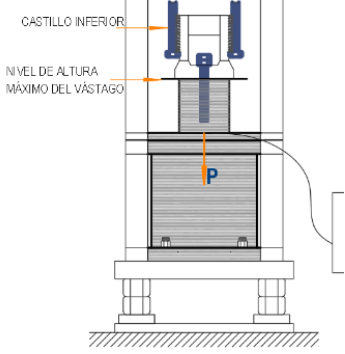
- El procedimiento que engloba a todas las variables involucradas en la soldadura (el proceso, la posición, el material de aporte, el espesor de garganta efectiva, la longitud de cordón de soldadura, la temperatura, el amperaje, el voltaje, etc), se mencionan en general en los manuales de la AWS (Welding Handbook) y en el código de soldadura estructural para el acero de refuerzo (AWS D1.4).
 - Usar en una construcción real en el acero de refuerzo el empalme del tipo a tope indirecto con dos varillas como cubrejunta del proceso SMAW y de preferencia el material de relleno debe ser el electrodo E9018-G (Tenacito 65), puesto que es el más óptimo
 - Usar en los ensayos de tracción los tipos de juntas y soldaduras necesarias según su necesidad como futuras investigaciones o para requerimientos de rotura de tracción de empalmes soldados
- d. Mano de obra calificada:**
Se debe contar con el soldador homologado, siendo suficiente una homologación 3G si se disponen de varillas horizontales y verticales en obra, puesto que, estos realizan soldaduras verticales y horizontales, sin embargo, si se tiene disposición de varillas inclinadas o en zonas donde se requiere soldar viendo hacia arriba es necesario una homologación 4G.
- e. Materiales de soldadura:**
En el proceso SMAW, emplear el electrodo E9018-G (Tenacito 65). En el proceso GMAW, usar el alambre macizo ER70S-6 (SOLDAMIG ER70S-6) y Dióxido de Carbono como protección. Mientras que, en el proceso GTAW usar la varilla sólida ER70S-6 (TIGFIL St6), y Argón como gas de protección.
- f. Equipos y herramienta:**
- En el proceso SMAW (Soldadura por arco metálico protegido) debe estar conformado por el equipo de protección personal, la fuente de energía, el cable de soldadura, el conector de la pieza de trabajo y el portaelectrodo.
 - En el proceso GMAW (Soldadura por arco metálico con gas) debe estar conformado por el equipo de protección personal, la fuente de alimentación y de energía, la unidad de alimentación de electrodos y suministro de electrodos, y la pistola de soldadura con sus accesorios.
 - En el proceso GTAW (Soldadura por arco de Tungsteno a gas) debe estar conformado por el equipo de protección personal, la fuente de energía, la vara de soldadura (electrodo de tungsteno) y la antorcha.
- g. Es de obligación que la corriente de salida sea del tipo continúa puesto que el metal base tiene polaridad negativa y el electrodo tiene una carga positiva, por el contrario, si la corriente de salida fuese alterna se daría el cortocircuito imposibilitando el proceso de la soldadura.**


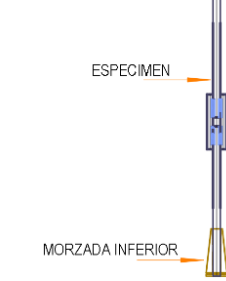
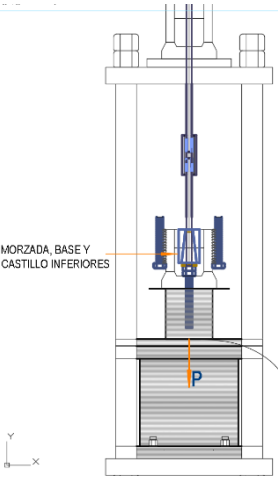
Fuente. Propia

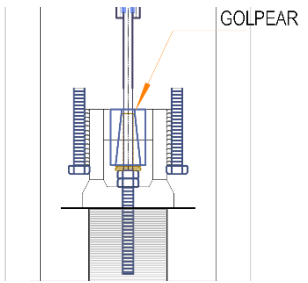
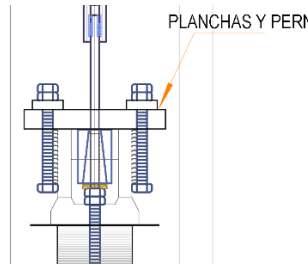
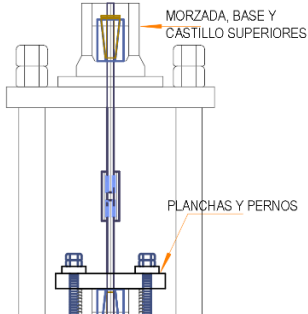


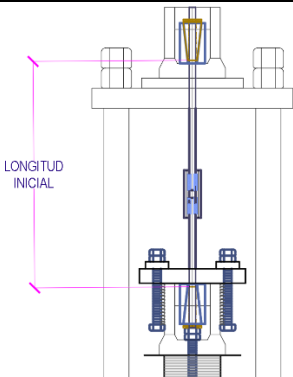
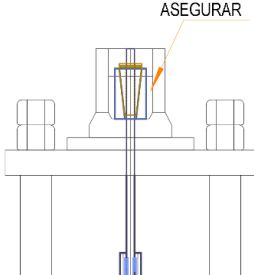
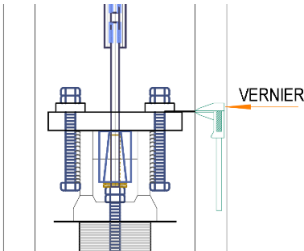
Apéndice T.

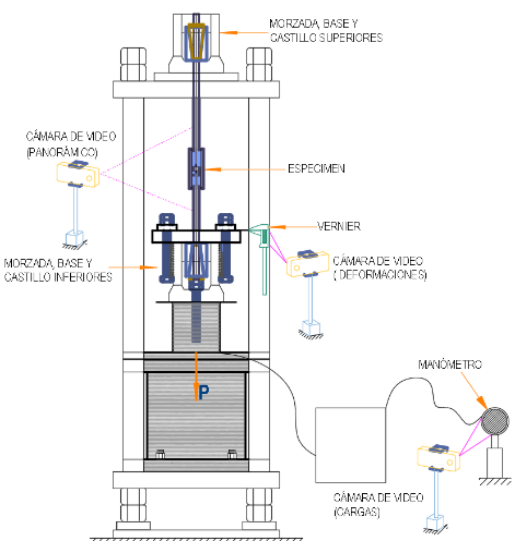
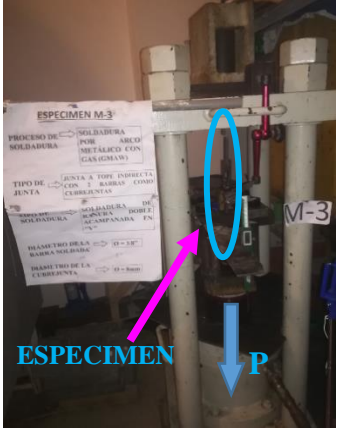
Protocolos del Ensayo de Tracción

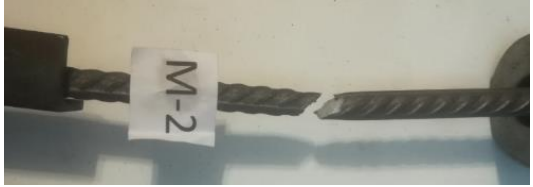
N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación	
01	Disposición de accesorios de ensamblaje	Preparar los accesorios (bases troncocónicas y mordazas) según el diámetro de la varilla a ensayar, que servirán para el ensamble del espécimen en la máquina de tracción según. Las 3 partes de las mordazas deberán estar unidas con una liga. Otros accesorios a considerar son: el castillo, los pernos, tuercas y las planchas perforadas.		SI	NO
02	Disposición de la posición más alta del vástago de la máquina de tracción	Aplicar la descarga para que la base del vástago suba en su máxima capacidad para asegurar que todo el recorrido de alargamiento del espécimen se logre hasta la rotura.		SI	NO

N°	Actividad	Procedimiento		Imagen Referencial	Verificación	
		Pasos	Descripción		SI	NO
03	Descarga de accesorios	Hacer cero o descargar la máquina de tracción (no debe estar cargado previamente al ensayo). Asimismo, se debe hacer cero al vernier digital y al manómetro			SI	NO
04	Ensamblaje	4.1. Colocación de la mordaza en el extremo inferior de la varilla	Colocar la mordaza según el diámetro que le corresponde a la varilla		SI	NO
		4.2. Ubicación del espécimen mordaza y base inferiores en la máquina de ensayo	Colocar el espécimen de tal manera que la que la mordaza y la parte inferior de la varilla queden dentro de la base inferior y esta quede sobre el vástago		SI	NO

N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación		
		4.3. Refuerzo de encaje de la mordaza en la base troncocónica inferior	Golpear con la comba a la parte superior de la mordaza para evitar el resbalamiento de esta y evitar desplazamientos relativos con la varilla.		SI	NO
		4.4. Colocación de planchas, pernos y tuercas.	Instalar las 2 planchas sobre el castillo y ajustar en sus 4 puntos con los pernos y tuercas.		SI	NO
		4.5. Ajuste de accesorios inferiores con la varilla	Inmovilizar la varilla mediante la aplicación de carga		SI	NO
		4.6. Ubicación de la mordaza y base superior	Colocar la mordaza superior dentro la base, esta debe descansar sobre la máquina de ensayo. Luego golpear para evitar el desplazamiento relativo en la parte superior de la varilla.		SI	NO

N°	Actividad	Procedimiento		Imagen Referencial	Verificación	
		4.7. Medición y anotación de longitud inicial	Medir con una wincha la longitud libre de la varilla (medido entre el apoyo inferior y superior), y luego anotar el valor		SI	NO
		4.8. Seguro de la parte superior	Asegurar con cuerdas fuertemente fijadas para evitar que la mordaza superior salte debido a la fuerza liberada, evitando accidentes.		SI	NO
05	Instalación del vernier digital	Instalar el vernier digital (el previamente está en cero) a una plancha en la parte inferior del ensamblaje de varilla.			SI	NO





N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación	
06	Colocación de cámaras	Colocar las cámaras de grabación, donde una de ellas debe enfocar al manómetro digital, otra al vernier digital y la última cámara debe enfocar a la varilla o empalme soldado grabando así el comportamiento del espécimen durante en ensayo		SI	NO
07	Grabación	Iniciar la grabación de las 3 cámaras		SI	NO
08	Aplicación de carga de tracción	Dar la orden y dar el golpe de campana (sonido fuerte) e iniciar instantáneamente la aplicación de la carga hasta la rotura		SI	NO

N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación	
				SI	NO
09	Pausado de las cámaras	Después de la rotura del espécimen se debe hacer pausa a las grabaciones, puesto que después de este acontecimiento no es necesario la grabación		SI	NO
10	Anotación de carga máxima	Observar la marcación del manómetro digital y anotar la lectura de la carga máxima actuante		SI	NO
11	Desmontaje	Desmontar de todo el equipo de ensayo y retirar las 2 partes de la varilla.		SI	NO
12	Anotación de las características de rotura	Anotar en las fichas de registro las características de rotura: - Tipo de rotura - Posición de la falla		SI	NO

Nota. En general el ensayo de tracción debe abarcar las recomendaciones de la NTP 341.031. Fuente. Propia

Apéndice U.


Protocolos del Ensayo de Doblado

N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación	
01	Instalación de mandril	Ensamblar el mandril fijamente a la máquina de ensayo		SI	NO
02	Colocación del espécimen	Colocar el espécimen simplemente apoyado sobre la base de la máquina de ensayo de tal manera que permanezca horizontal y en dirección perpendicular al eje del mandril. Asimismo, la soldadura debe estar posicionado en el eje central alineado con el mandril.		SI	NO
03	Aplicación de carga	Aplicar la carga puntual y vertical de manera que el espécimen se vaya flexionando hasta doblarse en un ángulo de 90° o hasta la falla		SI	NO
04	Anotación del comportamiento frente al doblado	Retirar el espécimen doblado de la máquina de ensayo, verificar mediante la observación y anotar si presenta fisuras o no en la soldadura y en su vecindad.		SI	NO

Nota. El diámetro de mandril debe estar acorde con la Tabla 3 de la NTP 341.031. En general el procedimiento de doblado se debe basar en las recomendaciones de la NTP 341.031. Fuente. Propia.

Apéndice V.

Protocolos de Procesamiento de Datos del Ensayo de Tracción

N°	Actividad	Procedimiento	Imagen Referencial	Verificación	
01	Sincronización de videos	Sincronizar el video de cargas y el video de deformaciones mediante el software SONY VEGAS		SI	NO
02	Anotación de pares de datos	Realizar la anotación de cargas y sus correspondientes deformaciones en cada instante de tiempo. Es recomendable realizar la anotación a cada 2 segundos		SI	NO
03	Conversión	Multiplicar las cargas por el factor de calibración y convertir a esfuerzos de tracción (Kg/cm ²). Asimismo, convertir las deformaciones en deformaciones unitarias.		SI	NO
	Determinación de las deformaciones reales	Determinar el desplazamiento de acomodamiento y restarla de todas las lecturas de deformación del vernier			
04	Gráfica de curvas de esfuerzo vs deformación convencional	Graficar usando Microsoft Excel todos los pares ordenados y ajustar la parte elástica a la ecuación de una recta.		SI	NO
05	Determinación de Esfuerzo Máximo	Determinar el esfuerzo máximo actuante (mayor valor de la ordenada en la curva)		SI	NO

Nota. El valor máximo de tracción actuante también se puede observar directamente de la lectura del manómetro. Fuente. Propia

ANEXOS

Anexo A: Hoja Técnica de las barras de acero de refuerzo.

Anexo B: Hoja Técnica del ángulo estructural (cubrejunta del empalme tipo D).

Anexo C: Hoja Técnica del electrodo E-9018-G.

Anexo D: Hoja Técnica del electrodo E-7018.

Anexo E: Hoja Técnica del alambre macizo ER70S-6.

Anexo F: Hoja Técnica de la varilla sólida ER70S-6.

Anexo G: Hoja Técnica de la Maquinaria del proceso de soldadura SMAW (usado en especímenes de 3/8" y 1/2").

Anexo H: Hoja Técnica de la Maquinaria del proceso de soldadura SMAW (usado en especímenes de 5/8").

Anexo I: Hoja Técnica de la Maquinaria del proceso de soldadura GMAW.

Anexo J: Hoja Técnica de la Maquinaria del proceso de soldadura GTAW

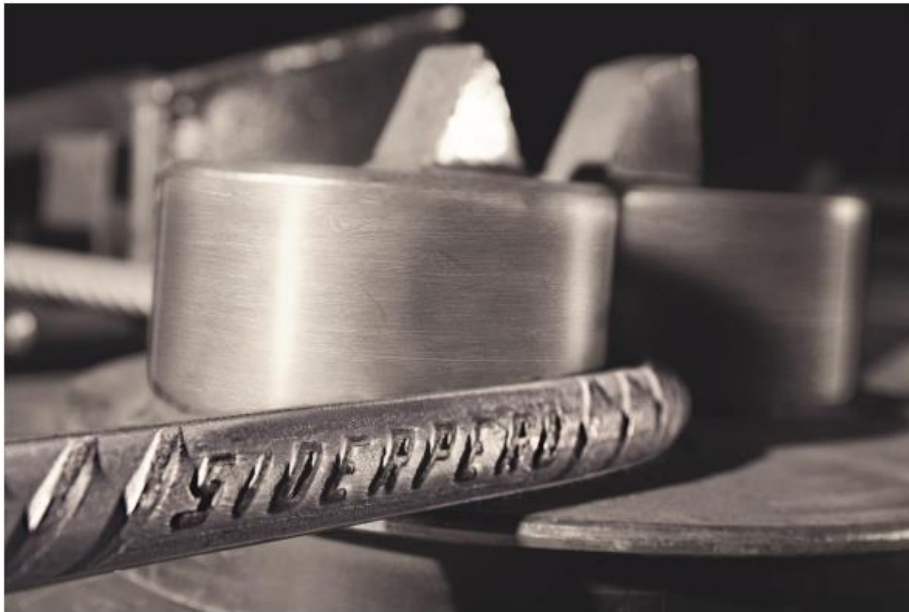
Anexo K: Certificación del Soldador

Anexo A.

Hoja Técnica de las Barras de Acero de Refuerzo



BARRAS DE CONSTRUCCIÓN



NTP 341.031 G60
ASTM A615/A615M G60

EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A.
Av. Juan de Arona 151, Torre B, 5to piso, San Isidro Teléfono: 51-1-6186868
Av. Santiago Antúnez de Mayolo s/n - Chimbote. Teléfono: 51-43-483000
www.siderperu.com.pe

Rev: 2 – 2019-10-19

DESCRIPCIÓN

Las barras de refuerzo, también conocidas como barras corrugadas, son usadas como refuerzo en elementos de concreto armado, por su alta adherencia con el concreto debido a que cuenta con corrugas o resaltes tipo High-Bond.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

NTP 341.031. Grado 60. Norma Técnica Peruana - Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado.

ASTM A615/A615M Grado 60. Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.

Norma Técnica de Edificaciones – E060. Concreto armado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

El contenido de Fosforo (P) máximo 0.062 % (análisis de producto)

ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES Y PESO

Designación de la barra corrugada	Peso métrico nominal kg/m	Dimensiones nominales			Dimensiones resaltes (mm)		
		Diámetro mm	Área sección nominal	Perímetro nominal mm	Espaciamiento promedio máximo	Altura promedio mínimo	Separación (GAP) 12% del perímetro nominal máxima
6 mm	0.220	6.0	28	18.8	4.2	0.24	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.1	5.6	0.32	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.9	6.7	0.38	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.7	8.4	0.48	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.9	8.8	0.51	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.9	11.1	0.71	6.1
3/4"	2.235	19.1	284	59.8	13.3	0.97	7.3
1"	3.973	25.4	510	79.8	17.8	1.27	9.7
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.5	25.1	1.80	13.7

Nota1: La variación permisible en el peso métrico no excederá el 6% por debajo del peso nominal.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro nominal (d)	Requisitos de Tracción				Doblado a 180° Diámetro de mandril de doblado
	Límite de fluencia MPa (kgf/mm ²)	Resistencia de tracción MPa (kgf/mm ²) mínimo	Relación RT/LF mínimo	% de alargamiento Lo=200 mm mínimo	
6 mm	420 (42,8) A 540(55,1)	620 (63.2)	1.25	11	3 d
8 mm				14	
3/8"					
12 mm					
1/2"					
5/8"					
3/4"					5 d
1"				12	
1 3/8"					7 d

Nota 2: d = Diámetro nominal de la barra, Lo = Longitud calibrada de la probeta de ensayo.

LONGITUD

Fabricadas en longitudes de nueve (9) metros consideradas como longitudes estándar o normal. Se pueden fabricar en otras longitudes previo acuerdo con el cliente.

VARIACIÓN PERMISIBLE EN LA LONGITUD

La tolerancia en la longitud es de: + 100 mm
 - 0 mm

PRESENTACIÓN

Se suministran en rollos o barras rectas en longitudes estándar.

IDENTIFICACIÓN

Las barras, son identificadas mediante marcas laminadas en alto relieve, que indican al fabricante, designación de tamaño, tipo de acero y designación de la fluencia mínima.



Anexo B.

Hoja Técnica del Ángulo Estructural (Cubrejunta del Empalme)

Ángulos Estructurales

CALIDAD: ASTM A36




**ACEROS
AREQUIPA**
Elige Seguridad

Ángulos Estructurales

CALIDAD: ASTM A36

DENOMINACIÓN:
L A36.

DESCRIPCIÓN:
Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto.

USOS:
En la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

NORMAS TÉCNICAS:
• Sistema Inglés:- Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M
- Tolerancias Dimensionales: ASTM A6 / A6M
• Sistema Métrico:- Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M
- Tolerancias Dimensionales: ISO 657 / V

PRESENTACIÓN:
Se produce en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por paquetes de 1 TM c/u.

PROPIEDADES MECÁNICAS:
• Límite de Fluencia mínimo = 2,530 Kg/cm².
• Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 Kg/cm² (*).
• Alargamiento en 200 mm = 15,0% mínimo.
2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 1/8", 3/32", 4,5 mm y 3/16" = 17,0% mínimo.
6,0 mm = 17,5% mínimo.
1/4" = 20,0% mínimo.
5/16", 3/8" y 1/2"
(*). Para los espesores de 2,0 mm a 2,5 mm, la resistencia a la tracción mínima es de 3,500 kg/cm².
• Soldabilidad = Buena.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:
SISTEMA INGLÉS

DIMENSIONES (pulg)	PESO NOMINAL		
	Lb/pie	Kg/m	Kg/6m
1/2 x 1/2 x 3/32	0.929	1.382	8.292
1/2 x 1/2 x 1/8	1.230	1.830	10.983
1/2 x 1/2 x 3/16	1.800	2.679	16.072
1/2 x 1/2 x 1/4	2.340	3.482	20.894
2 x 2 x 1/8	1.650	2.455	14.733
2 x 2 x 3/16	2.440	3.631	21.787
2 x 2 x 1/4	3.190	4.747	28.483
2 x 2 x 5/16	3.920	5.834	35.002
2 x 2 x 3/8	4.700	6.994	41.966
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	3.070	4.569	27.412
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	4.100	6.101	36.609
2 1/2 x 2 1/2 x 5/16	5.000	7.441	44.645
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	5.900	8.780	52.681
3 x 3 x 1/4	4.900	7.292	43.752
3 x 3 x 5/16	6.100	9.078	54.467
3 x 3 x 3/8	7.200	10.715	64.289
3 x 3 x 1/2	9.400	13.989	83.932
4 x 4 x 1/4	6.600	9.822	58.932
4 x 4 x 5/16	8.200	12.203	73.218
4 x 4 x 3/8	9.800	14.584	87.504
4 x 4 x 1/2	12.800	19.048	114.288

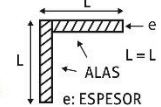
SISTEMA MÉTRICO

DIMENSIONES (mm)	PESO ESTIMADO	
	Kg/m	Kg/6m
20 x 20 x 2.0	0.597	3.582
20 x 20 x 2.5	0.736	4.416
20 x 20 x 3.0	0.871	5.226
25 x 25 x 2.0	0.754	4.524
25 x 25 x 2.5	0.932	5.592
25 x 25 x 3.0	1.107	6.642
25 x 25 x 4.5	1.607	9.642
25 x 25 x 5.0	1.766	10.596
25 x 25 x 6.0	2.072	12.432
30 x 30 x 2.0	0.911	5.466
30 x 30 x 2.5	1.128	6.768
30 x 30 x 3.0	1.342	8.052
30 x 30 x 4.5	1.961	11.766
30 x 30 x 5.5	2.353	14.118
30 x 30 x 6.0	2.543	15.258
38 x 38 x 2.0	1.162	6.972

Los productos a partir de 1 1/2" se fabrican bajo la Norma Técnica ASTM A36/A572- G50

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN CUCHARA (%):

NORMA	%C máx	%Si máx	%P máx	%S máx
ASTM A36/A36M	0.26	0.40	0.04	0.05



TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:

Sistema Inglés

NORMA TÉCNICA	DIMENS. NOMINAL	LONG. DE ALA (L-mm)	DIFER. ENTRE ALAS (ΔL-mm) ⁽¹⁾	ESPESOR (e - mm)			DESV. MÁX. DE RECTITUD (f - mm/m)	LONG. (l - mm)
				e3/16"	3/16" - e3/8"	e3/8"		
ASTM A6/A6M	1.14, 1.12"	± 1.19	1.78	± 0.25	± 0.25	± 0.30	4.16	+50 -0
	1.34, 1.32"	± 1.58	1.90	± 0.30	± 0.38	± 0.38		
	3"	± 3.17	2.77	(*)	(*)	(*)	2.08	
	3.1/2"	- 2.38						

(1) La máxima diferencia entre alas 75%, 60% y 50% de la tolerancia total de longitud de alas, respectivamente según la dimensión del ángulo. Fuera de Escuadra entre Alas: máximo permitido +/- 1.5".
(2) El peso métrico no deberá variar más de +3.0%/-2.5% del peso nominal.

SISTEMA MÉTRICO

CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	LONGITUD DE ALA (L) L hasta 50 mm inclusive	ESPESOR DE ALA (e) L hasta 50 mm inclusive	DIFERENCIA ENTRE ALAS (D) L hasta 50 mm inclusive	LONGITUD DE BARRA (l) hasta 12 m inclusive	DESVIACIÓN MÁXIMA DE RECTITUD (f) (*)	FUERA DE ESCUADRA (c) L hasta 50 mm inclusive
	+/- 1.00 mm	+/- 0.50 mm	1.5 mm	0/+50 mm	4.0 mm/m máx.	1 mm máx.

(*) No incluye puntas dobladas.

QCQA01-F103 / 01 / NOV 15



ISO 9001:2015
CERTIFICATE N° 57219



ISO 14001:2015
CERTIFICATE N° 57220



OHSAS 18001:2007
CERTIFICATE N° 57221

Lima: Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

Pisco: Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

Arequipa: Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro Colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

LA PAZ: Av. Hilbo N° 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.

Santa Cruz: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en: www.acerosarequipa.com



Nota. Usado Como Cubrejunta en las Juntas a Tope Indirecta.

Anexo C.

Hoja Técnica del Electrodo E-9018-G

SMAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



TENACITO 65

Electrodo revestido de tipo básico de alta resistencia a la fisuración, diseñado para soldar aceros estructurales de grano fino y alta resistencia mecánica. Presenta un arco estable, lo que le permite realizar con facilidad pases de raíz y soldaduras en posiciones forzadas.

Clasificación	
AWS A5.5 / ASME-SFA 5.5	E9018-G

Análisis Químico del Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,05	1,50	0,30	máx. 0,03	máx. 0,03	0,40	1,10	-	máx. 0,10	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]
Sin tratamiento	630 - 750 (91 350 - 108 750)	mín. 560 (81 200)	mín. 17	[-50°C (-58°F)] mín. 50 (37)

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. Almacenamiento en horno: 120 a 150°C. Resecado de 340°C a 360°C por 2 horas.

Posiciones de Soldadura
P, H, Va, Sc.

Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente alterna(AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo	-	65	90	130	180	-	-
Amperaje máximo	-	95	140	180	240	-	-

Tratamiento Térmico

- Tratamiento térmico en función al tipo de aplicación.

Aplicaciones

- Para soldar aceros estructurales de grano fino, aceros de mediano carbono, aceros de baja aleación y alta resistencia p.e. ASTM A615 Gr 60 (Barras de Construcción).
- Para soldar aceros al carbono resulfurizado del tipo C1110, C1112, C1113, C1115, C1117, C1132.
- Para soldar aceros del tipo SAE: 2317, 2330, 2340, 2345, 2515.
- Para soldar aceros de baja aleación al Cr-Ni, al Ni-Mo y al Ni-Cr-Mo.

Nota: El precalentamiento está en función al tipo y espesor del material a soldar.

Anexo D.

Hoja Técnica del Electrodo E-7018

SMAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



SUPERCITO

Electrodo revestido de tipo básico, de bajo hidrógeno con extraordinarias características mecánicas y de soldabilidad. Presenta un arco muy suave, bajo nivel de salpicaduras y la escoria es de muy fácil remoción. El contenido de hierro en polvo mejora su tasa de depósito. Dentro de su categoría es el producto que presenta los mejores niveles de resistencia a la tracción.

Clasificación	
AWS A5.1 / ASME-SFA 5.1	E7018

Aprobaciones	Grados
ABS	3H15,3Y
LR	3m,3ym
GL	3Y

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,05	1,00	0,60	máx. 0,020	máx. 0,020	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]
Sin tratamiento	520 – 610 (75 400 – 88 450)	mín. 400 (58 000)	mín.23	[-30 °C (-22 °F)] min. 70 (57)

Conservación del Producto	Posiciones de Soldadura
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. Almacenamiento en horno: 125 - 150°C. Resecado de 300°C a 350 °C por 2 horas. 	P, H, Va, Sc.

Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente alterna (AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo	-	60	90	120	170	210	
Amperaje máximo	-	90	140	190	240	280	

Aplicaciones

- Para aceros de mediano a alto contenido de carbono, alta resistencia y baja aleación.
- Para aceros de alto contenido de azufre y fácil fresado.
- Para aceros laminados al frío.
- Por sus características de resistencia y su fácil manejo, especialmente adecuado para: Soldaduras de tuberías de vapor, calderas de alta presión, piezas de maquinaria pesada, instalaciones de la industria petrolera, petroquímica y minera.

Nota: El precalentamiento está en función al tipo y espesor del material a soldar.

Anexo E.

Hoja Técnica del Alambre Macizo ER70S-6

GMAW

Aceros de C-Mn y baja aleación

SOLDEXA

SOLDAMIG ER70S-6

Alambre macizo para la soldadura de aceros al carbono o de baja aleación por el proceso MAG. Su contenido de silicio y manganeso le confiere excelentes propiedades desoxidantes, lo que asegura una soldadura libre de porosidades en una variedad de trabajos. Está diseñado para aplicaciones en donde se requieren eficiencia y alto grado de deposición.

Clasificación	
AWS A5.18 / ASME SFA-5.18	ER70S-6

Aprobaciones	Grados
ABS	3SA

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos*) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,06 0,15	1,40 1,85	0,80 1,15	máx. 0,010	máx. 0,011	-	-	-	0,005	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-20°C) [J]
Sin tratamiento	497 - 552 (72 000 - 80 000)	mín. 410 (59 500)	mín. 22	mín. 81

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. No requiere almacenamiento bajo horno.

Posiciones de Soldadura
P, H, Va, Sc, Vd.


Parámetros de Soldeo Recomendados

Díámetro [mm (pulg.)]	0,80 (0,030)		1,00 (0,040)		1,20 (0,047)	
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)					
Gas protector	100%CO ₂ ó Mezcla Ar+CO ₂ (80%/20% - 75%/25%)					
Posición de soldadura	Amp. [A]	Volt. [V]	Amp. [A]	Volt. [V]	Amp. [A]	Volt. [V]
Plana, Filete Horizontal	80 - 160	18 - 21	90 - 190	19 - 24	150 - 330	21 - 31
Horizontal	85 - 120	18 - 19	120 - 170	19 - 22	130 - 170	21 - 25
Vertical Ascendente	120 - 150	17 - 19	135 - 170	19 - 20	135 - 180	19 - 21
Sobrecabeza	85 - 140	18 - 19	125 - 170	18 - 19	105 - 170	19 - 20

Aplicaciones

- Aceros estructurales no aleados.
- Aceros navales A, B, C, D, E.
- Puede trabajar en cualquier transferencia de material de aporte.
- Para la fabricación de estructuras metálicas, tolvas, industria carrocera, carpintería metálica, mototaxis, etc.

Anexo F.

Hoja Técnica de la Varilla Sólida ER70S-6

GTAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación

SOLDEXA

TIGFIL St6

(Antes EXSATIG St6)

Varilla sólida para el proceso TIG (GTAW) cuyo depósito es un acero al carbono con mediano contenido de manganeso y silicio, presenta buena soldabilidad proporcionando un charco limpio con buena visibilidad, su depósito es libre de poros y fisuras, ideal para soldar desde el pase de raíz en toda posición.

Clasificación	
AWS A5.18 / ASME SFA-5.18	ER70S-6

Aprobaciones	Grados
ABS	3Y SA

Análisis Químico del Alambre Sólido (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,06 0,12	1,40 1,60	0,8 1,15	máx. 0,025	máx. 0,025	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-30°C) [J]
Sin tratamiento	500 - 640 (78 300 - 92 800)	> 420 (60 900)	> 22	> 80

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. No requiere almacenamiento bajo horno.

Posiciones de Soldadura
P, H, Va, Sc.


Parámetros de Soldeo Recomendados

Diámetro [mm (pulg.)]	2,50 (3/32")	3,25 (1/8")
Polaridad	Corriente continua electrodo al negativo (DCEN)	
Gas protector	100% Ar	
Amperaje (A)	20 - 150	30 - 250
Voltaje (V)	9 - 15	10 - 20
Stick out (mm)	-	-
Flujo de Gas (l / min)	5 - 15	5 - 15

Aplicaciones

Para la soldabilidad de:

- Aceros estructurales: St 33, St 37-2 a St 52-3, St 50-2*, St 60-2*, DIN 17 100.
- Acero de calderería: HI, HII, 17 Mn 4, 19 Mn5*, DIN 17155, St 37.0 a St 52.0, DIN 1628/1630; St 35.8, St 45.8, DIN 17175; St 55*, St 55.4*, DIN 1629, StE 210.7 a StE 360.7, DIN 17172
- Aceros de la serie API X 42, X 46, API-STANDARD.
- Aceros de grano fino: StE 255 a StE 355, DIN 17102, WstE 255 a WstE 355, TstE 255 a TstE 355
- Acero naval: A, B, D, E.; Aceros fundidos: GS.38, GS-45, GS-52.

NOTA: Calcular la temperatura de precalentamiento si fuera necesario.

Anexo G.

Hoja Técnica de la Maquinaria 1 del Proceso de Soldadura SMAW

SOLDADORAS PARA ELECTRODO REVESTIDO

Invertec® V275-S

Procesos

Electrodo de varilla, TIG, Ranurado

Número del producto

K2269-1

Las especificaciones completas están en la parte posterior

Energía de entrada

208/230/460/575/3/60

Salida nominal

275 A/31 V/35% del ciclo de trabajo

Corriente de alimentación a la salida nominal

38/37/19/16 A

Rango de salida

de 5 a 275 A

Peso/dimensiones (A x A x P)

54,5 lb (24,7 kg)
13,6 x 9,0 x 20,25 in.
(345 x 229 x 514 mm)

Electrodo de varilla resistente a la intemperie y soldadora TIG

La fuente de energía Invertec® V275-S de electrodo de varilla y TIG es ideal para construcción al aire libre, está clasificada IP23S y está equipada con características resistentes a la intemperie. Hasta 275 A de salida le dan acceso a una mayor variedad de electrodos, incluyendo el E6010 de desempeño sobresaliente.

CARACTERÍSTICAS

- ▶ **Desempeño AWS sobresaliente de E6010 y E7018** - usando electrodo de hasta 7/32 in. (5,5 mm) de diámetro que permite las técnicas tanto de golpes como de arrastre para una diversidad de aplicaciones de construcción y manufactura.
- ▶ **Touch Start TIG®** - permite que se establezca el arco de soldadura sin arranque de alta frecuencia.
- ▶ **Corte y ranurado con arco de carbón al aire** - con electrodo de hasta 3/16 in. (4,8 mm) de diámetro.
- ▶ **Arranque caliente seleccionable** - apagar para material delgado o encender para material grueso, oxidado o sucio.
- ▶ **Fuerza de arco variable** - girar el dial según el arco que se desee "suave" o "definido".



Arco suave

Arco definido

- ▶ **Máquina todo en uno** - ajustes de voltaje de alimentación 208/220/230/380/400/415/440/460/575 –sin disminución en una fase.

APLICACIONES

- ▶ Construcción
- ▶ Fabricación
- ▶ Mantenimiento
- ▶ Reparación



Se muestra: K2269-1 Invertec® V275-S

QUÉ INCLUYE

K2269-1 Incluye:

Invertec® V275-S

Cable de alimentación, 10 ft. (3,0 m)

Enchufes de cable Twist Mate™ (K852-70), cantidad 2

K2666-1 V275-S (Tweco®) Anaquel de 4 inversores

K2666-2 V275-S (Tweco®) Anaquel de 8 inversores

Para obtener más información, consulte la publicación E5.92



Se muestra: K2666-2 Invertec® V275-S (Tweco®) Anaquel de inversores

ENTRADA



SALIDA



Garantía extendida de dos años disponible en los EE.UU. y Canadá



Publicación E5.92 | Fecha de emisión 08/10 Actualización en la Red 01/12
© Lincoln Global, Inc. Todos los derechos reservados.

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY
22801 St. Clair Avenue • Cleveland, OH 44117-1199 • U.S.A.
TEL.: +1.216-481-8100 • www.lincolnelectric.com

LINCOLN ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS®

CONTROLES CLAVE

1. Control de preselección de corriente de salida
2. Indicador de protección térmica
3. Luz "ON"
4. Control de arranque en caliente
5. Interruptor On/Off
6. Terminales de salida negativa y positiva (Twist Mate™ o Tweco®)
7. Receptáculo de control remoto de salida, 6 pines
8. Perilla de control del arco
9. Interruptor de selección de modo (Electrodo de varilla/Touch Start TIG®)
10. Control remoto/local de salida



Se muestra:
K2269-3 Invertec® V275-S

ACCESORIOS RECOMENDADOS

OPCIONES GENERALES



Juego de ruedas locas

Utilizado en los anaqueles de inversores.

Ordenar
K2665-1

Twist Mate™ enchufe de cable

Para conectar el cable de soldadura a los receptáculos de terminal de salida. Para cable 1/0-2/0 (50-70 mm²).

Ordene K852-70

Twist Mate™ enchufe de cable

Para conectar el cable de soldadura a los receptáculos de terminal de salida. Para cable 2/0-3/0 (70-95 mm²).

Ordene K852-95

Twist Mate™ receptáculo de cable

Para conectar el cable de soldadura al enchufe del cable Twist Mate™. Para cable 1/0-2/0 (50-70 mm²).

Ordene K1759-70

Twist Mate™ receptáculo de cable

Para conectar el cable de soldadura al enchufe del cable Twist Mate™. Para cable 2/0-3/0 (70-95 mm²).

Ordene K1759-95



OPCIONES DE ELECTRODO REVESTIDO

Juego de accesorios

Para soldadura de electrodo de varilla. Incluye cable 2/0 de 35 ft. (10,7 m) para electrodo con oreja, cable de trabajo 2/0 de 30 ft. (9,1 m) con orejas, careta, placa de filtro, placa de cubierta, pinza de trabajo, y portaelectrodo. capacidad de 400 A.

Ordene K704



Kit de accesorios para soldadura de electrodo de varilla. Incluye cable #6 de 20 ft. (6,1 m) con oreja para electrodo, cable de trabajo #6 de 15 ft. (4,6 m) con orejas, careta, pinza de trabajo, y portaelectrodo. capacidad de 150 A.

Ordene K875

Control remoto de salida

Consiste de una caja de control con la elección de dos longitudes de cable. Permite el ajuste remoto de la salida. Conexión de 6 pines.

Ordene K857 para 25 ft. (7,6 m)
Ordene K857-1 para 100 ft. (30 m)



OPCIONES TIG

Juego de arranque TIG-Mate™ de 17 V enfriado por aire

Obtenga todo lo que necesita para la soldadura TIG en un juego completo fácil de ordenar empacado en su propia caja portátil. Incluye: Antorcha PTA-17V Ultra-Flex™, juego de partes, flujómetro/regulador Harris, manguera para gas de 10 ft. (3,0 m) y pinza de trabajo y cable.

Ordene K2265-1

Adaptador de antorcha Twist Mate™

Para conexión de antorchas PTA-9 o PTA-17V (1 pieza de cable) a las fuentes de poder sin que pase gas por la conexión Twist Mate™.

Ordene K960-1

Amptrol™ de pie

Proporciona 25 ft. (7,6 m) de control remoto de la salida para soldadura TIG (conexión de enchufe de 6 pines).

Ordene K870

Amptrol™ de mano

Proporciona 25 ft. (7,6 m) de control remoto de la corriente para soldadura TIG. (conexión de enchufe de 6 pines). Las cintas de velcro aseguran la antorcha.

Ordene K963-3 (Un solo tamaño para todas las antorchas TIG Pro-Torch™.)

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Nombre de Producto	Número de Producto	Energía de entrada Voltaje/fase/Hertz	Corriente/Voltaje/Ciclo de trabajo de salida nominal	Corriente de alimentación a la salida nominal	Rango de salida	A x A x P pulgadas (mm)	Peso neto lb (kg)
Invertec® V275-S	K2269-1	208/230/460/575/3/60	275 A/31 V/35% 250 A/30 V/60% 200 A/28 V/100%	38/37/19/16 A 34/33/17/14 A 27/25/13/11 A	de 5 a 275 A	13,6 x 9,0 x 20,25 (345 x 229 x 514)	54,5 (24,7)
		208/230/460/575/1/60	275 A/de 29 a 31 V/35% 250 A/30 V/60% 200 A/28 V/100%	68/67/38/31 A 63/62/33/27 A 49/48/26/21 A			
Invertec® V275-S (Tweco®) ⁽¹⁾	K2269-3	220/380/400/415/440/3/50	250 A/30 V/35% 200 A/28 V/100%	32/20/19/18/17 A 25/15/15/14/13 A			
		220/380/400/415/440/1/50		63/42/40/38/36 A 48/32/30/29/27 A			

⁽¹⁾ Con conectores de salida estilo Tweco®. Tweco® es una marca registrada de Thermadyne.

Para obtener los mejores resultados al soldar con equipo Lincoln Electric, utilice siempre consumibles de Lincoln Electric. Visite www.lincolnelectric.com para obtener más detalles.

POLÍTICA DE SERVICIO AL CLIENTE

El negocio de The Lincoln Electric Company es la fabricación y venta de equipo y consumibles de soldadura y equipo de corte de alta calidad. Nuestro desafío es satisfacer las necesidades de nuestros clientes y superar sus expectativas. En ocasiones los clientes pueden solicitar a Lincoln Electric información o consejos sobre el uso de nuestros productos. Nuestros empleados responden a las consultas lo mejor que pueden con base en la información que se les proporcionan los clientes y en el conocimiento que pueden tener con respecto a la aplicación. Sin embargo, nuestros empleados no están en la posición de verificar la información proporcionada ni de evaluar los requisitos de ingeniería de un proyecto de soldadura en particular. Por eso, Lincoln Electric no garantiza ni asume ninguna responsabilidad con respecto a dicha información o consejo. Además, la expresión de dicha información o consejo no crea, expande ni altera ninguna garantía sobre nuestros productos. Cualquier garantía expresa o implícita que pudiera surgir de la información o el consejo, incluyendo cualquier garantía implícita de comerciabilidad o cualquier garantía de idoneidad para el propósito particular de un cliente se rechaza específicamente.

Lincoln Electric es un fabricante responsable, pero la selección y el uso de los productos específicos vendidos por Lincoln Electric están únicamente dentro del control del cliente y son de su exclusiva responsabilidad. Muchas variables que están fuera del control de Lincoln Electric afectan los resultados obtenidos al aplicar estos tipos de métodos de fabricación y requisitos de servicio.

Sujeto a cambios; esta información es precisa hasta donde sabemos al momento de la impresión. Por favor consulte www.lincolnelectric.com para ver información actualizada.



Nota. Usado en especímenes de 3/8" y 1/2".

Anexo H.

Hoja Técnica de la Maquinaria 2 del Proceso de Soldadura SMAW

LHN 240i Plus

La nueva generación es aún mejor.



LHN240i Plus.

Los cables pueden ser enrollados en las manijas facilitando el transporte.

Las LHN son utilizadas en varios países de América del Sur. Ahora evolucionaron para una versión aún mejor: la nueva LHN240i Plus, que trae novedades que facilitarán su día a día: display digital, cables más largos y nuevas manijas para transportar y mantener los cables organizados.

Y el punto más importante: más potencia, sin aumentar el tamaño o el peso de la máquina. La LHN240i Plus tiene un ciclo de trabajo superior, 200A con un 40%, para trabajar todo el día y función TIG LiftArc con excelente soldabilidad y apertura de arco.

■ Mayor ciclo de trabajo

Suelda con electrodos de hasta 4,00 mm., incluyendo celulósicos y E7018.

■ Cables más Largos

Cable de pinza porta electrodos de 4 mts y cable de pinza de masa de 2 mts con conectores OKC 50.

■ Display Digital

Más precisión en el ajuste de la corriente de soldadura.

■ Nuevas Manijas

Además de su correa, las manijas facilitan el transporte, y ayudan a tener los cables organizados.

Para más información visite esab.com

Aplicaciones Principales

- Talleres
- Herrerías
- Construcción Civil
- Fabricaciones en general
- Pequeñas Reparaciones



El nuevo display digital.

LHN 240i Plus

Especificaciones	
Tensión de Alimentación	1Ø - 220V (+/-10%)
Frecuencia de Alimentación	50/60Hz
Rango de Corrente	10 - 200A
Tensión en Vacío	78 VDC
Potencia	8,4 kVA
Cargas Autorizadas - Electrodo Revestidos (SMAW)	200A / 28V @ 40% 163A / 26,5V @ 60% 126A / 25V @ 100%
Cargas Autorizadas - TIG (GTAW)	200A / 18V @ 40% 163A / 16,5V @ 60% 126A / 15V @ 100%
Interruptor Termomagnético	40A
Clase de Protección	IP21S
Dimensiones (An x L x Al)	153 x 401 x 273mm
Peso	7 kg
Normas Técnicas	IEC 60.974-1

Información de Compra	
Descripción	Código
LHN 240i Plus - 220V 50/60Hz incluye porta electrodo (4m), pinza de masa (3m) y correa	0734215

Opcionales y Accesorios	
Descripción	Código
Torcha TIG 26V 200A (3,5m)	0732271
Careta Fotosensible Warrior Tech 9-13 Negro	0727887
Careta Fotosensible Warrior Tech 9-13 Amarilla	0727888



ESAB / esab.com



Nota. Usado en especímenes de 5/8".

Anexo I.

Hoja Técnica de la Maquinaria del Proceso de Soldadura GMAW

SuitCase™ X-TREME™ 12VS

Issued Mar. 2005 • Index No. M/6.41s

Alimentador con Sensor de Voltaje 

Referencia Rápida



Aplicaciones Industriales
 Construcción
 Astilleros
 Pipelines
 Fabricación Pesada

Procesos
 MIG (GMAW)
 Flux Cored (FCAW)

Tensión de Entrada 14- 48 VDC OCV/ Voltaje de Arco

Velocidad de Alimentador 1,3- 19,8 m/ min (50- 780 IPM)

Peso (Neto) 15,9 Kg.

The Power of Blue.®

Nuevo! Casco de polipropileno con refuerzos laterales y la capacidad de abrir el alimentador para cambiar el hilo en posición vertical.

Nuevo! Medidores digitales con SunVision de serie para visualizar voltaje y velocidad de hilo, también puede visualizarse amperaje si se quiere. La medición puede verse claramente incluso con la exposición directa a la luz del sol.

Placa principal sumergida en barniz aislante Para evitar problemas en ambientes agresivos, esto confiere al alimentador una gran fiabilidad. La placa esta aislada completamente del gatillo, así un cortocircuito en la antorcha no afecta al funcionamiento del alimentador.



Nuevo!

Contacto y factor de marcha mejorados. Para aplicaciones con grandes amperajes (425 A al 60%).

2T/ 4T, Purga de hilo, y Purga de Gas. Vienen instalados de serie en el panel frontal.

Rango de voltaje más amplio para soldar mejor hilos más finos o más gruesos sin rateos en el contactor, o cortes de arco.

Nuevo! Filtro doble de Electroválvula evita que esta se obstruya por suciedad.

Excelentes inicios de arco, y características de arco mejoradas para todo tipo y diámetro de hilo trabajando, tanto en CC, como en CV. Tiene las mejores características de arco en CC del sector.

MADE IN USA
 APPLETON, WI

Especificaciones (Sujetas a cambio sin previo aviso)



Tensión de Entrada	Tipo de Máquina	Factor de Marcha	Diámetros de hilo admitidos	Diámetro máximo de bobina	Velocidad de hilo	Dimensiones	Peso Neto
OCV 14-48 VDC	CC o CV/ DC	425 A @ 60%	Sólido: 0,6-2,0mm Tubular: 0,8-2,0mm	305mm (20,4 Kg.)	1,3- 19,8 m/ min	Lar: 533mm An: 229mm Alt: 394mm	15,9 Kg.

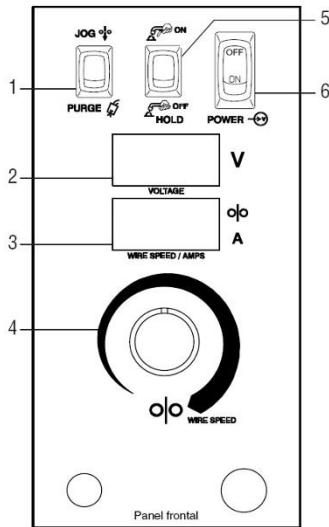


La Máquina está garantizada por tres años en piezas y mano de obra.



Miller Electric Mfg. Co
 An Illinois Tool Works Company
 1635 West Spencer Street
 Appleton, WI 54914 USA
www.MillerWelds.com

Panel de Control



- 1.- Interruptor de purga de hilo/ gas
- 2.- Voltímetro
- 3.- Amperímetro
- 4.- Control velocidad hilo
- 5.- Selector 2T/ 4T
- 6.- Interruptor On/ Off

Kits de Rodillos

Diámetro	Ranura en "V"	Ranura en "U"	Ranura en "V" moleteada
0'6 mm	#087 131	-	-
0'8 mm	#079 594	-	-
0'9 mm	#079 595	#044 749	#079 606
1'0 mm	#161 189	-	-
1,1/ 1,2 mm	#079 596	#079 599	#079 607
1,3/ 1,4 mm	#079 597	#079 608	#079 608
1'6 mm	#079 598	#079 609	#079 609
1,8 mm	-	#089 984	#089 984
2'0 mm	-	#079 610	#079 610

Nota: los kits incluyen rodillos y guía

Información para Pedido

Equipo y Opciones	Stock No.	Descripción	Cant.	Precio
SuitCase™ X-TREME 12VS	#195 500-02-1			
Accesorios				
Adaptador 14Lbs	#047 141	Adaptador bobinas de 14 Libras		
Kit Flotámetro	#195 217	(Campo)		

Precio Total:

Distribuido por:



Anexo J.

Hoja Técnica de la Maquinaria del Proceso de Soldadura GTAW

LHN 240i Plus

La nueva generación es aún mejor.



LHN240i Plus.

Los cables pueden ser enrollados en las manijas facilitando el transporte.

Las LHN son utilizadas en varios países de América del Sur. Ahora evolucionaron para una versión aún mejor: la nueva LHN240i Plus, que trae novedades que facilitarán su día a día: display digital, cables más largos y nuevas manijas para transportar y mantener los cables organizados.

Y el punto más importante: más potencia, sin aumentar el tamaño o el peso de la máquina. La LHN240i Plus tiene un ciclo de trabajo superior, 200A con un 40%, para trabajar todo el día y función TIG LiftArc con excelente soldabilidad y apertura de arco.

■ Mayor ciclo de trabajo

Suelda con electrodos de hasta 4,00 mm., incluyendo celulósicos y E7018.

■ Cables más Largos

Cable de pinza porta electrodos de 4 mts y cable de pinza de masa de 2 mts con conectores OKC 50.

■ Display Digital

Más precisión en el ajuste de la corriente de soldadura.

■ Nuevas Manijas

Además de su correa, las manijas facilitan el transporte, y ayudan a tener los cables organizados.

Para más información visite esab.com

Aplicaciones Principales

- Talleres
- Herrerías
- Construcción Civil
- Fabricaciones en general
- Pequeñas Reparaciones



El nuevo display digital.

LHN 240i Plus

Especificaciones	
Tensión de Alimentación	1Ø - 220V (+/-10%)
Frecuencia de Alimentación	50/60Hz
Rango de Corrente	10 - 200A
Tensión en Vacío	78 VDc
Potencia	8,4 kVA
Cargas Autorizadas - Electrodo Revestidos (SMAW)	200A / 28V @ 40% 163A / 26,5V @ 60% 126A / 25V @ 100%
Cargas Autorizadas - TIG (GTAW)	200A / 18V @ 40% 163A / 16,5V @ 60% 126A / 15V @ 100%
Interruptor Termomagnético	40A
Clase de Protección	IP21S
Dimensiones (An x L x Al)	153 x 401 x 273mm
Peso	7 kg
Normas Técnicas	IEC 60.974-1

Información de Compra	
Descripción	Código
LHN 240i Plus - 220V 50/60Hz incluye porta electrodo (4m), pinza de masa (3m) y correa	0734215

Opcionales y Accesorios	
Descripción	Código
Torcha TIG 26V 200A (3,5m)	0732271
Careta Fotosensible Warrior Tech 9-13 Negro	0727887
Careta Fotosensible Warrior Tech 9-13 Amarilla	0727888





ESAB / esab.com




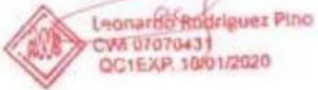
Anexo K.


Certificación del Soldador

	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR <i>De acuerdo al código estructural AWS D1.1 - 2010</i>	WPQR-CTSOL	
		HOJA:	1 de 1
		EMISION:	10/06/2015
		REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)			
Nombre:	Galan Leon Romario Fredy	DNI:	76012802
No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	—
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):	WPS-CTSOL-15	Rev	0
Fecha	18-09-2017		
Variables	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado	
Proceso / Tipo	SMAW	SMAW	
Corriente / Polaridad	DCEP(+)	—	
Posición	4G	Ranura: Vertical Filete: Vertical	
Progresión de soldadura	—	—	
Respaldo o Backing	Con respaldo	Con respaldo	
Material / Especificación	ASTM A615	6.0 mm hasta 19.0 mm 3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))	
Metal Base	9.5 mm		
Espesor			
A tope:			
Filete:			
Espesor (tubería)			
A tope:			
Filete:			
Diámetro (tubería)			
A tope:			
Filete:			
Metal de Aporte	A5.1	F1, F2, F3, F4	
Nº Especificación:			
Clase:			
F-Nº	E7018		
F-Nº	F4		
Tipo gas/fundente	—	—	
Otros	—	—	
INSPECCIÓN VISUAL			
Aceptable: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Resultados de prueba de doblez guiado			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
GLR-02-DC	Aceptado	—	—
GLR-02-DR	Aceptado	—	—
Pruebas			
Inspeccionado por:	CWI Leonardo Rodríguez	Prueba Nº:	687-17
Organización:	SOLDEX S.A.	Fecha:	18/09/2017
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección IV del código estructural AWS D1.1 - 2010.			
Fabricante:	SOLDEX S.A.	Autorizado por:	SOLDEX S.A.
Fecha:		Fecha:	18/09/2017
		 INSPECTOR SOLDEX S.A.	

	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR		WPQR-CTSOL	
	De acuerdo al Código estructural AWS D1.1 Ed.-2015		HOJA:	1 de 1
			EMISION:	10/06/2016
			REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)									
Nombre:	Galan Leon Romario Fredy	DNI:	76012802	No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	---		
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):		WPS-CTSOL-15	Rev	0	Fecha	18-09-2017			
Variables		Valor Usado en la Calificación			Rango Calificado				
Proceso / Tipo		GMAW			GMAW				
Corriente / Polaridad		DCEP(+)			---				
Posición		4G			Ranura: Plana y Sobrecabeza Filete: Plana Horizontal y Sobrecabeza				
Progresión de soldadura		---			---				
Respaldo o Backing		Con respaldo			Con respaldo				
Material / Especificación		ASTM A 615							
Metal Base									
Espesor									
A tope:		25.4 mm			6.0 mm hasta 19.0 mm				
Filete:		---			3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))				
Espesor (tubería)		---			---				
A tope:		---			---				
Filete:		---			---				
Diámetro (tubería)		---			---				
A tope:		---			---				
Filete:		---			---				
Metal de Aporte									
N° Especificación:		A5.20							
Clase:		E71T-1CM							
Nombre Comercial:		DUAL SHIELD 7100 ULTRA			---				
Tipo gas/fundente		---			---				
Otros		---			---				
INSPECCIÓN VISUAL									
Aceptable: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
Resultados de prueba de dobléz guiado									
Tipo		Resultado		Tipo					
GLR-02-DC		Aceptado		---					
GLR-02-DR		Aceptado		---					
Pruebas <i>P11.02.151</i>									
Inspeccionado por:		CWI Leonardo Rodriguez		Prueba N°:		601-17			
Organización:		SOLDEX S.A.		Fecha:		18/09/2017			
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección IV del código estructural AWS D1.1 Ed.-2015									
Fabricante:		SOLDEX S.A.		Autorizado por: SOLDEX S.A.					
Fecha:		Fecha: 18/09/2017							
		 Leonardo Rodriguez Pino CVA 07070431 OC1EXP. 10/01/2020 INSPECTOR SOLDEX S.A. <i>2018/09/18</i>							

	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR		WPQR-CTSOL	
	<i>De acuerdo al código estructural AWS D1.1 -2016</i>		HOJA:	1 de 1
			EMISION:	10/06/2017
			REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)

Nombre:	Galan Leon Romario Fredy	DNI:	76012802	No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	---
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):		WPS-CTSOL-15		Rev	0	Fecha	05-09-2018
Variables		Valor Usado en la Calificación		Rango Calificado			
Proceso / Tipo		GTAW		GTAW			
Corriente / Polaridad		DCEP(+)		---			
Posición		4G		Ranura: Vertical Filete: Vertical			
Progresión de soldadura		---		---			
Respaldo o Backing		Con respaldo		Con respaldo			
Material / Especificación		ASTM A615		6.0 mm hasta 19.0 mm 3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))			
Metal Base							
Espesor							
A tope:		9.5 mm					
Filete:		---					
Espesor (tubería)							
A tope:		---					
Filete:		---					
Diámetro (tubería)							
A tope:		---					
Filete:		---					
Metal de Aporte				F1, F2, F3, F4			
N° Especificación:		A5.1					
Clase:		E7018					
F-N°		F4					
Tipo gas/fundente		---		---			
Otros		---		---			

INSPECCIÓN VISUAL

Aceptable: Si No

Resultados de prueba de doble guiado

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
GLR-02-DC	Aceptado	---	---
GLR-02-DR	Aceptado	---	---

Pruebas *11.12*

Inspeccionado por:	CWI Leonardo Rodriguez	Prueba N°:	316-18
Organización:	SOLDEX S.A.	Fecha:	05-09-2018

Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del artículo IV del código estructural AWS D1.1 Ed. 2013

Fabricante:	SOLDEX S.A.	Autorizado por:	SOLDEX S.A.
Fecha:		Fecha:	05-09-2018




Leonardo Rodriguez Prop
 CWI 76012802
 05-09-2018
INSPECTOR SOLDEX S.A.

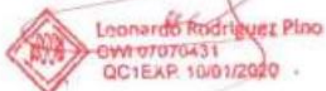


REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR
De acuerdo al código estructural AWS D1.1 - 2010

WPQR-CTSOL

HOJA:	1 de 1
EMISION:	10/06/2015
REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)


Nombre:	Galan Leon Romario Fredy	DNI:	76012802	No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	—
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):		WPS-CTSOL-15	Rev	0	Fecha	18-09-2017	
Variables		Valor Usado en la Calificación		Rango Calificado			
Proceso / Tipo		SMAW		SMAW			
Corriente / Polaridad		DCEP(+)		—			
Posición		4G		Ranura: Vertical Filete: Vertical			
Progresión de soldadura		—		—			
Respaldo o Backing		Con respaldo		Con respaldo			
Material / Especificación		ASTM A36		—			
Metal Base		—		—			
Espesor (plancha)		—		—			
A tope:		9.5 mm		6.0 mm hasta 19.0 mm			
Filete:		—		3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))			
Espesor (tubería)		—		—			
A tope:		—		—			
Filete:		—		—			
Diámetro (tubería)		—		—			
A tope:		—		—			
Filete:		—		—			
Metal de Aporte		—		—			
N° Especificación:		A5.1		—			
Clase:		E7018		—			
F-N°		F4		F1, F2, F3, F4			
Tipo gas/fundente		—		—			
Otros		—		—			
INSPECCIÓN VISUAL							
Aceptable: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>							
Resultados de prueba de dobléz guiado							
Tipo		Resultado		Tipo		Resultado	
GLR-02-DC		Aceptado		—		—	
GLR-02-DR		Aceptado		—		—	
Pruebas							
Inspeccionado por:		CWI Leonardo Rodríguez		Prueba N°:		687-17	
Organización:		SOLDEX S.A.		Fecha:		18/09/2017	
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección IV del código estructural AWS D1.1 - 2010.							
Fabricante: SOLDEX S.A				Autorizado por: SOLDEX S.A			
Fecha:				Fecha: 18/09/2017			
				 INSPECTOR SOLDEX S.A			







REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR
De acuerdo al Código estructural AWS D1.1 Ed.-2015

WPQR-CTSOL	
HOJA:	1 de 1
EMISION:	10/06/2016
REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)			
Nombre:	Galan Leon Romario Fredy	DNI:	76012802
No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	--
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):		WPS-CTSOL-15	Rev 0 Fecha 18-09-2017
Variables	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado	
Proceso / Tipo	FCAW-G	FCAW-G	
Corriente / Polaridad	DCEP(+)	--	
Posición	4G	Ranura: Plana y Sobrecabeza Filete: Plana Horizontal y Sobrecabeza	
Progresión de soldadura	--	--	
Respaldo o Backing	Con respaldo	Con respaldo	
Material / Especificación	ASTM A36		
Metal Base			
Espesor (plancha)			
A tope:	25.4 mm	6.0 mm hasta 19.0 mm	
Filete:	--	3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))	
Espesor (tubería)			
A tope:	--	--	
Filete:	--	--	
Diámetro (tubería)			
A tope:	--	--	
Filete:	--	--	
Metal de Aporte			
N° Especificación:	A5.20		
Clase:	E71T-1C/M		
Nombre Comercial:	DUAL SHIELD 7100 ULTRA	--	
Tipo gas/fundente	--	--	
Otros	--	--	
INSPECCIÓN VISUAL			
Aceptable: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No			
Resultados de prueba de dobléz guiado			
Tipo	Resultado	Tipo	
GLR-02-DC	Aceptado	--	
GLR-02-DR	Aceptado	--	--
Pruebas			
Inspeccionado por:	CWI Leonardo Rodriguez	Prueba N°:	601-17
Organización:	SOLDEX S.A.	Fecha:	18/09/2017
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección IV del código estructural AWS D1.1 Ed.-2015			
Fabricante:	SOLDEX S.A	Autorizado por:	SOLDEX S.A
Fecha:		Fecha:	18/09/2017
		 Leonardo Rodriguez Pino CWI 07070431 QC1 EXP. 10/01/2020	2017/09/18
		INSPECTOR SOLDEX S.A	



	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR <i>De acuerdo al código estructural AWS D1.1 -2016</i>	WPQR-CTSOL	
		HOJA:	1 de 1
		EMISION:	10/06/2017
		REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)			
Nombre:	<i>Galan Leon Romario Fredy</i>	DNI:	76012802
No. Estampa:	GLR-02	WPQR No:	---
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):	WPS-CTSOL-15	Rev	0
Fecha:	05-09-2018		
Variables	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado	
Proceso / Tipo	SMAW	SMAW	
Corriente / Polaridad	DCEP(+)	---	
Posición	4G	Ranura: Vertical Filete: Vertical	
Progresión de soldadura	---	---	
Respaldo o Backing	Con respaldo	Con respaldo	
Material / Especificación	ASTM A36	6.0 mm hasta 19.0 mm	
Metal Base			
Espesor (plancha)		3.00 mm - ilimitado (Ver tabla 4.11 (d))	
A tope:	9.5 mm		
Filete:	---		
Espesor (tubería)			
A tope:	---		
Filete:	---		
Diámetro (tubería)			
A tope:	---		
Filete:	---		
Metal de Aporte		F1, F2, F3, F4	
N° Especificación:	A5.1		
Clase:	E7018		
F-N°	F4		
Tipo gas/fundente	---		
Otros	---		
INSPECCIÓN VISUAL			
Aceptable: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Resultados de prueba de doble guiado			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
GLR-02-DC	Aceptado	---	---
GLR-02-DR	Aceptado	---	---
Pruebas <i>11.12</i>			
Inspeccionado por:	<i>CWI Leonardo Rodriguez</i>	Prueba N°:	316-18
Organización:	SOLDEX S.A.	Fecha:	05-09-2018
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del capítulo IV del código estructural AWS D1.1 Ed.-2013			
Fabricante:	SOLDEX S.A.	Autorizado por:	SOLDEX S.A.
Fecha:		Fecha:	05-09-2018
		 <i>05-09-2018</i> INSPECTOR SOLDEX S.A.	