

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN MANUFACTURA
COHORTE 2019**

TEMA:

“OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A FRACTURA PARA JUNTAS SOLDADAS A TOPE BAJO PROCESO SMAW (AWS D1.1) UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA COMPAÑÍA SEMADIJE LTDA.”

Trabajo de titulación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Mecánica Mención
Manufactura

Autor: Ing. Diego Fernando Reyes Pérez

Director: Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg., Ing Wilson Henry Vaca Ortega, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A FRACTURA PARA JUNTAS SOLDADAS A TOPE BAJO PROCESO SMAW (AWS D1.1) UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA COMPAÑÍA SEMADIJE LTDA.”** elaborado y presentado por el señor: Ing. Diego Fernando Reyes Pérez, para optar por el Grado Académico de Magister en Ingeniería Mecánica mención Manufactura una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg
Presidente del Tribunal

Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “**OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A FRACTURA PARA JUNTAS SOLDADAS A TOPE BAJO PROCESO SMAW (AWS D1.1) UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA COMPAÑÍA SEMADIJE LTDA**” le corresponde exclusivamente al Ingeniero Diego Fernando Reyes Pérez, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Juan Gilberto Paredes Salinas, Mg., director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Diego Fernando Reyes Pérez
C.I. 1804472791
AUTOR

Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, Mg.
C.I. 1803683174
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Diego Fernando Reyes Pérez
C.I. 1804472791

DEDICATORIA

A mis padres que son el pilar fundamental para mi crecimiento, tanto como persona, como profesional, a mis hermanas que llenan de alegría mi corazón y me muestran lo hermoso de la vida.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios que me ha llenado de salud e ímpetu para superar momentos sombríos a lo largo de la vida y extender su mano para apoyarme en ella.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxi
RESUMEN EJECUTIVO	xxii
ABSTRACT	xxiii
1 CAPÍTULO I.....	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento de problema.....	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico	2
1.2.3 Prognosis.....	2
1.2.4 Formulación del problema	2
1.2.5 Preguntas directrices	3
1.2.6 Delimitación del problema.....	3
1.3 Antecedentes investigativos.....	4
1.4 Justificaciones.....	6
1.4.1 Justificación Teórica	6
1.4.2 Justificación Metodológica	6
1.4.3 Justificación Práctica	7
1.5 Objetivos.....	7

1.5.1	Objetivo General.....	7
1.5.2	Objetivos Específicos.....	7
1.6	Fundamentación teórica.....	8
1.6.1	Soldabilidad	8
1.6.2	Tipos de juntas	8
1.6.3	Tipos de soldadura	9
1.6.4	Proceso de soldadura SMAW	10
1.6.5	Electrodos para soldadura de arco	11
1.6.6	Ensayos y propiedades mecánicas	12
1.6.7	Ensayo de tracción	13
1.6.8	Ensayo de propagación de grieta	13
1.6.9	Ensayo por fractura o impacto	14
1.6.10	Comportamiento en fractura de materiales metálicos.....	14
1.6.11	Fractura por clivaje	15
1.6.12	Fractografía del clivaje	16
1.6.13	Fractura dúctil	16
1.6.14	Crecimiento dúctil de la grieta.....	17
1.7	Categorías Fundamentales	18
1.8	Hipótesis	18
1.9	Señalamiento de variables	18
1.9.1	Variable independiente	18
1.9.2	Variable dependiente	18
1.9.3	Término de relación	18
2	CAPÍTULO II.....	19
2.1	Enfoque.....	19
2.2	Modalidad básica de la investigación	19
2.2.1	Experimental	19

2.3	Metodología.....	19
2.4	Nivel o tipo de investigación	21
2.4.1	Investigativo.....	21
2.4.2	Descriptivo.....	21
2.4.3	Asociación de variables	21
2.5	Objeto	21
2.6	Población y muestra.....	22
2.6.1	Población.....	22
2.6.2	Muestra	22
2.7	Operacionalización de variables	23
2.7.1	Variable independiente	23
2.7.2	Variable dependiente	24
2.8	Recolección de la información	25
2.9	Procesamiento y análisis.....	28
2.10	Recursos.....	28
2.10.1	Recursos materiales	28
2.10.2	Recursos institucionales.....	28
2.10.3	Recursos humanos	29
2.10.4	Recursos económicos.....	29
3	CAPÍTULO III	32
3.1	Estudio de casos y combinaciones.....	32
3.2	Datos ensayo a tracción	34
3.3	Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por tensión.....	35
3.4	Datos ensayo de impacto	38
3.5	Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por impacto	40
3.6	Datos ensayo a flexión.....	44
3.7	Cálculo del desplazamiento en la punta de la grieta (CTOD)	45

3.8	Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por flexión.....	53
3.9	Análisis estadístico de las propiedades mecánicas	80
3.9.1	Matriz de diseño factorial propiedades y deseabilidad	80
3.9.2	Tabulación de datos de las propiedades mecánicas	85
3.9.3	Análisis de la resistencia a la tracción	88
3.9.4	Análisis de la tenacidad a la fractura por tensión	93
3.9.5	Análisis de la energía de impacto	98
3.9.6	Análisis de la tenacidad a la fractura por impacto	103
3.9.7	Análisis del desplazamiento en la punta de la grieta	108
3.9.8	Análisis de la tenacidad a la fractura por flexión.....	113
3.9.9	Diseño factorial de múltiples niveles.....	118
3.9.10	Optimización global.....	119
3.10	Verificación de hipótesis	121
4	CAPÍTULO IV	122
4.1	Propuesta	122
4.1.1	Datos informativos.....	122
4.2	Antecedentes de la propuesta.....	122
4.3	Justificación de la propuesta.....	123
4.4	Objetivos.....	124
4.4.1	Objetivo general.....	124
4.4.2	Objetivos específicos	124
4.5	Análisis de factibilidad	124
4.6	Fundamentación.....	125
4.7	Metodología.....	125
4.8	Desarrollo	125
4.8.1	Proceso y dirección.....	125
4.8.2	Procesos y subprocesos.....	127

4.8.3	Operativos o cadena de valor	127
4.8.4	Soldadura	128
4.8.5	Ensayo de tracción	132
4.8.6	Ensayo de impacto	134
4.8.7	Ensayo de doblado guiado	137
4.8.8	WPS (Especificación del procedimiento de soldadura).....	139
4.8.9	PQR (registro de calificación del procedimiento de soldadura)	176
4.9	Análisis de costos	219
4.10	Factibilidad económica	221
4.11	Factibilidad técnica	221
4.12	Análisis de resultados	221
5	CAPÍTULO V.....	223
5.1	Conclusiones.....	223
5.2	Recomendaciones	224
	BIBLIOGRAFÍA.....	1
	ANEXOS.....	3
	Anexo 1: Resultados de ensayos a tracción	4
	Anexo 2. Requerimientos para precalificación WPS	22
	Anexo 3. Juntas precalificadas.....	23
	Anexo 4. Juntas PJP	24
	Anexo 5. Resultados del ensayo propagación de grieta.....	25
	Anexo 6. Calificación soldador.....	26
	Anexo 7. Ficha técnica electrodo E-6010	27
	Anexo 8. Ficha técnica electrodo E-6011	28
	Anexo 9. Ficha técnica electrodo E-7018	29
	Anexo 10. Métodos para ensayos a tracción ASTM E8	30
	Anexo 11. Métodos para ensayos a impacto ASTM E23	31

Anexo 12. Métodos para ensayos de propagación de grieta ASTM E399.....	32
Anexo 13. Guía de remisión acero A572	33

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1 Metodología usada para cada objetivo.....	19
Tabla 2.2 Combinación de parámetros de soldadura	22
Tabla 2.3 Factores de entrada para la fabricación de muestra de juntas a tope	23
Tabla 2.4 Variable independiente	24
Tabla 2.5 Variable dependiente	24
Tabla 2.6 Recursos institucionales	28
Tabla 2.7 Recursos humanos	29
Tabla 2.8 Recursos económicos, materiales y equipos	29
Tabla 2.9 Recursos económicos, recurso humano	30
Tabla 2.10 Recursos económicos, recursos de oficina.....	30
Tabla 2.11 Recursos económicos, rubro total.....	31
Tabla 2.2 Combinación de parámetros de soldadura	22
Tabla 2.3 Factores de entrada para la fabricación de muestra de juntas a tope	23
Tabla 2.4 Variable independiente	24
Tabla 2.5 Variable dependiente	24
Tabla 2.6 Recursos institucionales	28
Tabla 2.7 Recursos humanos	29
Tabla 2.8 Recursos económicos, materiales y equipos	29
Tabla 2.9 Recursos económicos, recurso humano	30
Tabla 2.10 Recursos económicos, recursos de oficina.....	30
Tabla 2.11 Recursos económicos, rubro total.....	31
Tabla 3.1 Estudio de casos y detalle de combinaciones.....	83
Tabla 3.2 Propiedades mecánicas ensayo a tracción	54
Tabla 3.3 Propiedades mecánicas ensayo de impacto	59
Tabla 3.4 Propiedades del acero de diverso grado	60
Tabla 3.5 Propiedades ensayo a flexión	64
Tabla 3.6 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 37.....	74

Tabla 3.7 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 38.....	75
Tabla 3.8 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 39.....	77
Tabla 3.9 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 40	78
Tabla 3.10 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 41.....	79
Tabla 3.11 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 42	81
Tabla 3.12 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 43	82
Tabla 3.13 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 44.....	84
Tabla 3.14 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 45	85
Tabla 3.15 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 46.....	87
Tabla 3.16 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 47	88
Tabla 3.17 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 48.....	90
Tabla 3.18 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 49.....	91
Tabla 3.19 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 50	93
Tabla 3.20 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 51	94
Tabla 3.21 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 52	96
Tabla 3.22 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 53.....	97
Tabla 3.23 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 54.....	99
Tabla 3.24 Resumen de diseño factorial.....	100
Tabla 3.25 Matriz de diseño factorial, propiedades mecánicas	100
Tabla 3.26 Matriz de diseño factorial, deseabilidad	103
Tabla 3.27 Matriz de diseño para el análisis.....	105
Tabla 3.28 Verificación del supuesto de normalidad de la resistencia a la tracción.....	108
Tabla 3.29 Verificación del supuesto de varianza de la resistencia a la tracción.....	109
Tabla 3.30 ANOVA de la resistencia a la tracción.....	111
Tabla 3.31 Deseabilidad de la resistencia a la tracción	112
Tabla 3.32 Verificación del supuesto de normalidad de la resistencia a la fractura por tensión.....	113
Tabla 3.33 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por tensión.....	114
Tabla 3.34 ANOVA de la tenacidad a la fractura por tensión	116
Tabla 3.35 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por tensión.....	117
Tabla 3.36 Verificación del supuesto de normalidad de la energía de impacto	118
Tabla 3.37 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la energía de impacto	119
Tabla 3.38 ANOVA de la energía de impacto.....	121
Tabla 3.39 Deseabilidad de la energía de impacto	122
Tabla 3.40 Verificación del supuesto de normalidad de la tenacidad a la fractura por	

impacto.....	123
Tabla 3.41 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por impacto.....	124
Tabla 3.42 ANOVA de la tenacidad al fractura por impacto.....	126
Tabla 3.43 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por impacto.....	127
Tabla 3.44 Verificación del supuesto de normalidad del desplazamiento en la punta de grieta.....	128
Tabla 3.45 Verificación del supuesto de igualdad de varianza del desplazamiento en la punta de la grieta.....	129
Tabla 3.46 ANOVA del desplazamiento en la punta de la grieta.....	131
Tabla 3.47 Deseabilidad del desplazamiento en la punta de la grieta.....	132
Tabla 3.48 Verificación del supuesto de normalidad de la tenacidad a la fractura por flexión.....	133
Tabla 3.49 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por flexión.....	134
Tabla 3.50 ANOVA de la tenacidad a la fractura por flexión.....	136
Tabla 3.51 Resumen de diseño factorial.....	138
Tabla 3.52 Matriz de diseño, análisis global.....	138
Tabla 3.53 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por flexión.....	139
Tabla 3.54 Deseabilidad global	140
Tabla 3.55 Propiedades de la combinación óptimo.....	140
Tabla 3.56 ANOVA de la deseabilidad global	141
Tabla 4.1 Proceso de soldadura	128
Tabla 4.2 Ensayo de tracción	132
Tabla 4.3 Ensayo de impacto	134
Tabla 4.4 Ensayo de doblado guiado.....	137
Tabla 4.5 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1	139
Tabla 4.7 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2	141
Tabla 4.8 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3	143
Tabla 4.9 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4	145
Tabla 4.10 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5	147
Tabla 4.11 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6	149
Tabla 4.12 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1	151

Tabla 4.13	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2	153
Tabla 4.14	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3	155
Tabla 4.15	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4	157
Tabla 4.16	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5	160
Tabla 4.17	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6	162
Tabla 4.18	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1	164
Tabla 4.19	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2	166
Tabla 4.20	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3	168
Tabla 4.21	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4	170
Tabla 4.22	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5	172
Tabla 4.23	Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6	174
Tabla 4.24	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1..	176
Tabla 4.25	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 2..	178
Tabla 4.26	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3..	180
Tabla 4.27	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4..	182
Tabla 4.28	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 5..	185
Tabla 4.29	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 6..	188
Tabla 4.30	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1..	191
Tabla 4.31	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 2..	193
Tabla 4.32	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3..	197
Tabla 4.33	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4..	199
Tabla 4.34	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 5..	201
Tabla 4.35	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 6..	203
Tabla 4.36	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1..	205
Tabla 4.37	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 2..	208
Tabla 4.38	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3..	210
Tabla 4.39	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4..	212

Tabla 4.40	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 5..	214
Tabla 4.41	Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1..	217
Tabla 4.42	Costos para materiales y equipos.....	219
Tabla 4.43	Costos recursos humanos	220
Tabla 4.44	Costos total.....	221

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipo de unión.....	8
Figura 1.2 Tipo de soldadura.....	30
Figura 1.3 Elementos de soldadura	11
Figura 1.4 Configuración de electrodos	12
Figura 1.5 Máquina universal	13
Figura 1.6 Máquina de ensayo Charpy.....	14
Figura 1.7 Mecanismo de clivaje a lo largo de los granos de un material cristalino.....	16
Figura 1.8 Escalones de clivaje de un acero dulce ferrítico, a temperatura baja.....	16
Figura 1.9 Grieta originada en el borde de grano	17
Figura 1.10 Labios de cortadura a) Fractura rota desde 90° a 45°, b) y c) labios característicos a 45° en sus costados	17
Figura 1.11 Categorizaciones fundamentales	38
Figura 2.1 Diagrama de flujo del procesamiento y análisis de datos.....	27
Figura 3.1 Modelo de bisagra para la estimación del CTOD.....	45
Figura 3.2 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs deformación (tracción), Caso 37.....	73
Figura 3.3 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 38	75
Figura 3.4 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 39.....	76
Figura 3.5 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 40	77
Figura 3.6 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 41.....	79
Figura 3.7 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 42	80
Figura 3.8 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 43	82
Figura 3.9 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 44	83

Figura 3.10 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 45	85
Figura 3.11 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 46.....	86
Figura 3.12 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 47.....	88
Figura 3.13 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 48.....	89
Figura 3.14 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 49.....	91
Figura 3.15 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 50.....	92
Figura 3.16 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 51.....	94
Figura 3.17 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 52	95
Figura 3.18 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 53.....	97
Figura 3.19 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 54	98
Figura 3.20 Diagrama de araña para ensayo de tracción, esfuerzo máximo.....	106
Figura 3.21 Diagrama de araña para ensayo de tracción, tenacidad a la fractura.....	106
Figura 3.22 Diagrama de araña para ensayo de impacto, energía de impacto.....	107
Figura 3.23 Diagrama de araña para ensayo de impacto, tenacidad a la fractura.....	107
Figura 3.24 Diagrama de araña para ensayo de flexión, CTOD	107
Figura 3.25 Diagrama de araña para ensayo de flexión, tenacidad a la fractura.....	108
Figura 0.26 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la resistencia a la tracción....	93
Figura 0.27 Diagrama de Pareto resistencia a la tracción	111
Figura 0.28 Gráfica de interacción para la resistencia a la tracción	112
Figura 0.29 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por tensión	115

Figura 0.30 Diagrama de Pareto tenacidad a la fractura por tensión.	116
Figura 0.31 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por tensión.	117
Figura 0.32 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la energía de impacto. ...	120
Figura 0.33 Diagrama de Pareto de la energía de impacto	121
Figura 0.34 Gráfica de interacción para la energía de impacto	122
Figura 0.35 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por impacto.	125
Figura 0.36 Diagrama de Pareto de la tenacidad a la fractura por impacto	126
Figura 0.37 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por impacto	127
Figura 0.38 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos del desplazamiento en la punta de la grieta.	130
Figura 0.39 Diagrama de Pareto del desplazamiento en la punta de la grieta	131
Figura 0.40 Gráfica de interacción para el desplazamiento en la punta de la grieta	132
Figura 0.41 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por flexión	135
Figura 0.42 Diagrama de Pareto de la tenacidad a la fractura por flexión	136
Figura 0.43 Gráfica de efectos principales para la tenacidad a la fractura por flexión	137
Figura 0.44 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por flexión	138

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de ensayos a tracción.....	227
Anexo 2. Requerimientos para precalificación WPS	22
Anexo 3. Juntas precalificadas.....	23
Anexo 4. Juntas PJP.....	24
Anexo 5. Resultados del ensayo propagación de grieta.....	25
Anexo 6. Calificación soldador.....	26
Anexo 7. Ficha técnica electrodo E-6010	27
Anexo 8. Ficha técnica electrodo E-6011	28
Anexo 9. Ficha técnica electrodo E-7018	29
Anexo 10. Métodos para ensayos a tracción ASTM E8	30
Anexo 11. Métodos para ensayos a impacto ASTM E23	31
Anexo 12. Métodos para ensayos de propagación de grieta ASTM E399.....	32
Anexo 13. Guía de remisión acero A572	33

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN MANUFACTURA
COHORTE 2019

TEMA: “Optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW (AWS D1.1) utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda.”

AUTOR: Ing. Diego Fernando Reyes Pérez

TUTOR: Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de desarrollo se centra en la optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW, para ello se realizó un análisis de combinación de variables más influyentes en el proceso de soldadura y se comprobó sus propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción, de propagación de grieta y de impacto. El material base utilizado para esta investigación fue el acero ASTM A572 grado 50, con materiales de aporte de tipo E-6010, E-6011 y E-7018, empleando diferentes porcentajes de estos últimos para cada combinación. Respecto a las juntas soldadas se utilizó el proceso de soldadura SMAW, mismo que cumple con los requerimientos del código AWS D1.1, y que es ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras metálicas. De los ensayos antes mencionados se obtuvo valoraciones, que permiten analizar estadísticamente cada uno de ellos, lo cual permite obtener la combinación óptima respecto a su resistencia a la fractura, tanto individual como global. Realizado los análisis respectivos se puede evidenciar que la combinación que presenta una mejora en las propiedades mecánicas a fractura, es la que corresponde al uso del electrodo E-7018 con un tipo de junta en X.

Palabras clave: SMAW, propiedades mecánicas, fractura dúctil, ensayo de tracción, soldabilidad, fractura clivaje.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING FACULTY
MASTER'S DEGREE IN MECHANICS WITH MENTION IN
MANUFACTURING
COHORT 2019

TOPIC: " Optimization of the mechanical properties to fracture for butt welded joints under SMAW process (AWS D1.1) used in the manufacture of metallic structures in the company SEMADIJE Ltda."

AUTHOR: Ing. Diego Fernando Reyes Pérez

ADVISOR: Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas Mg.

ABSTRACT

The present development work is focused on the optimization of the mechanical properties to fracture for butt welded joints under SMAW process. For this purpose, a combination analysis of the most influential variables in the welding process was carried out and its mechanical properties were tested by tensile, crack propagation and impact tests. The base material used for this research was ASTM A572 grade 50 steel, with E-6010, E-6011 and E-7018 filler materials, using different percentages of the latter for each combination. Regarding the welded joints, the SMAW welding process was used, which complies with the requirements of the AWS D1.1 code, and which is widely used in the manufacture of metallic structures. From the aforementioned tests, evaluations were obtained, which allow to statistically analyze each one of them, which allows to obtain the optimum combination with respect to their resistance to fracture, both individually and globally. After the respective analyses, it can be seen that the combination that presents an improvement in the mechanical properties to fracture is the one that corresponds to the use of the E-7018 electrode with a type of X-shaped joint.

Keywords: SMAW, mechanical properties, ductile fracture, tensile test, weldability, cleavage fracture.

CAPÍTULO I

1.1 Tema

“Optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW (AWS D1.1) utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda.”

1.2 Planteamiento de problema

1.2.1 Contextualización

A nivel mundial se evidencia una marcada transformación de métodos de construcción donde se involucra perfiles estructurales de acero de tipo IPN y UPN, como detalla Mario Euclides Barona Mejía en la investigación de maestría para la mejora de propiedades mecánicas como ductilidad, tenacidad, resistencia y las diferentes aplicaciones a las cuales se puede atender como es en vivienda, industria y agroindustria, por lo que podemos evidenciar la razón del uso del metal para estructura de edificios, galpones y puentes. Resulta ser muy noble para los diferentes requerimientos de la industria. [20]

Latinoamérica se encuentra en un transcurso de adaptabilidad al nuevo método de construcción, mientras se estudia modos en los que se puede centrar la investigación para reducir costos de fabricación de estructuras metálicas.

Los constructores de estructuras metálicas en el Ecuador necesitan alternativas de mejora de elementos, para la reducción de costos en los procesos de fabricación de estructuras metálicas, esto puede lograrse atendiendo a un sector poco investigado como lo es la optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas, en lo que respecta a la fabricación de estructuras metálicas a nivel nacional, están regidas por la norma ecuatoriana de construcción (NEC).

1.2.2 Análisis crítico

La innovación que tendrá el estudio, en lo que respecta a la incidencia en los procesos de fabricación del uso de diferentes materiales de aporte, espesores y preparación de la junta, todos estos aspectos se encuentran regidos por el código AWS D1.1.

Teniendo en cuenta que los proyectos relacionados con las estructuras metálicas requieren de varios procesos de soldadura, los cuales deben definir con detalle la realización de dichos procesos de allí la importancia del estudio de la mejor combinación de variables a trabajar, lo cual permitirá tener mayor confiabilidad en las uniones soldadas.

El estudio de diferentes variables, tales como la combinación de materiales de aporte, amperajes y posiciones de soldar, generara información valiosa y con una rápida transferencia a los procesos industriales del país; además, se espera aportar con herramientas tecnológicas confiables en el proceso de soldadura y reducir uno de los factores más influyentes en las estructuras metálicas el cuál es la fractura, lo que permitirá aportar en el desarrollo sustentable del país, la información y herramientas técnicas respecto a este tema se encuentran al alcance con lo que podemos decir que se considera viable.[2]

1.2.3 Prognosis

La industria metalmecánica en el Ecuador está en actual proceso de desarrollo, esto da lugar a varias interrogantes y necesidad de estudios que complementen y permitan proveer de métodos eficientes de construcción de estructuras metálicas.

Por lo que es necesario centrar el interés por investigar en este importante campo de la industria, en especial al de soldadura ya que este método de unión se ha estancado manteniendo prácticas desde hace décadas y que requieren de ajuste a nuevas tendencias y a cumplimiento de normas. [3]

1.2.4 Formulación del problema

A nivel mundial existen investigaciones para reducir el fallo a fractura, en Ecuador se continúa evidenciando fallos a fractura en uniones soldadas a tope en estructuras

metálicas, esto por la falta de un correcto procedimiento de soldadura, que garantice el correcto funcionamiento de la junta soldada. Las variables influyentes en la soldadura deben ser experimentadas para elegir la combinación óptima.

Es en la soldadura y en la zona cercana a la misma dónde la intervención de cargas ocasiona fallos a fractura (H Hernández y E Espejo, 2016), la microestructura que se forma es distinta a los materiales adjuntos. De allí el interés de mejorar las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas y garantizar en un mayor porcentaje un correcto funcionamiento de dichas estructuras. [4]

1.2.5 Preguntas directrices

¿Cómo se puede evidenciar las propiedades mecánicas a fractura en una junta soldada a tope?

¿Cuál es la forma en que se puede optimizar las propiedades mecánicas en una junta soldada?

¿Cómo influye las variables en la resistencia de soldadura?

1.2.6 Delimitación del problema

1.2.6.1 Justificación Teórica

El presente estudio se fundamenta en el campo de la Maestría en Mecánica mención Manufactura, en el área de Soldadura con los módulos de Diseño de soldadura, Comportamiento Mecánico de los materiales y Diseño de Experimentos.

1.2.6.2 Delimitación espacial

El análisis de probetas y ensayos necesarios para la investigación, serán desarrollados en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica (FICM) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA). El estudio teórico se complementará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, así como de artículos publicadas en revistas de impacto científico a nivel internacional.

1.2.6.3 Delimitación temporal

El estudio será realizado en el período diciembre 2019 – octubre 2020, tiempo en el cual se desarrollarán los ensayos pertinentes y se conseguirá los parámetros necesarios para el correcto desarrollo de la investigación.

1.3 Antecedentes investigativos

La soldadura sigue siendo el método de unión más utilizado en el mundo, sus detalles están estrechamente enlazados con el rendimiento de la unión de dos o más metales (Y Yang, Y Wang y Q An, 2019). El proceso de soldadura SMAW es ampliamente difundido por su capacidad de adaptación a medios externos e internos. Mejorar el proceso de soldadura SMAW, teniendo en cuenta la fractura como un objetivo a reducir, establece un factor de entera importancia para la optimización de propiedades mecánicas relacionadas a dicho fenómeno (Y-liu, L-kang, y H-ge, 2019). La fractura constituye uno de los fallos más frecuentes en uniones soldadas, en investigaciones recientes se puede evidenciar que el comportamiento de la fractura depende en gran medida del tipo de unión al que se ponga a prueba (H Li, Q Duan, X Zhou, B Wang y Z Zhang, 2019) entre las más populares tenemos la unión a tope, en K y en J.

La fractura puede presentarse en dos tipos, tanto en fractura plana o por cizallamiento, es por esto que en estructuras metálicas se pone a prueba la tenacidad de la unión soldada por la coexistencia de diferentes tipos de esfuerzos (D Karalis, V Papazoglou y D Pantelis, 2009).

La forma de comprobar la influencia de la fractura en las uniones soldadas puede darse de una manera experimental y numérica. Para el caso de la forma experimental se puede observar un cambio en su microestructura, donde se evidencia una transformación martensítica ocasionada por el cambio de temperatura, respecto a la forma numérica se puede realizar un modelo de elementos finitos enfocados en el comportamiento de la grieta. (W Gon, J Young, H Yeon, S De, Y Wan y S Jin, 2013).

La temperatura es un factor primordial para tener un resultado satisfactorio en la calidad de la junta (Y Li, K Song, Y Zhang y G Wang, 2019), en dicha investigación la temperatura evaluada fue entre 25 – 640 °C, donde la microestructura evoluciona,

los resultados han demostrado que las propiedades mecánicas, así como el modo de fractura cambian al aumentar la temperatura.

Para comprobar las propiedades mecánicas a fractura de una junta soldada se puede realizar principalmente pruebas de tracción, compresión, flexión, semicircular y flexión de tres puntos (H Rooholamini, R Sedghi, B Ghobadipour y M Adresi, 2019). Los ensayos no destructivos no son ajenos a este propósito y su aplicación puede ser posible para estos casos, en especial para la fractura frágil, esta técnica se basa en el análisis electroquímico de la superficie de fractura para evaluar el grado de degradación de la misma. (H Nykyforchyn, O Tsyrlunyk, O Zvirko y H Krechkovska).

El material de aporte o llamado también consumible de soldadura es el factor primordial en una unión soldada ya que este determina las propiedades mecánicas (A Saxema, A Kumaraswamy, G madhusudhan y V Madhu, 2018) se utiliza pruebas de impacto Charpy para demostrar la eficiencia del electrodo consumible en las propiedades de las juntas.

Existen un sin número de variables que determinan el rendimiento de una junta soldada, sin embargo, se debe enfocar la investigación en las más influyentes de acuerdo a las uniones en estructuras metálicas, vale la pena destacar a la velocidad de soldadura como lo estudian (J Wang, Q Sun, Z Pan, J Yang y J Feng, 2019), dónde destaca los efectos originados por la velocidad de soldadura, el rango más frecuente va desde 1.0 mm/s a 6.0 mm/s.

De lo anterior se resume en función de la bibliografía, la combinación de variables más influyentes es: metal base, material de aporte y tipo de junta, estas pueden ser comprobadas numéricamente y experimentalmente.

La aplicación de la soldadura SMAW es muy variable y abarca a una gran diversidad de materiales base, como indica en la investigación desarrollada por (M Buchely, H Colorado y J Jaramillo, 2015), donde su aplicación abarca incluso a metales inoxidables, el recubrimiento del electrodo varía el porcentaje de valores de propiedades mecánicas de la junta soldada.

En el sector de la construcción en el Ecuador se puede evidenciar, relativamente, nuevas tendencias en métodos de construcción como en sistemas de acero estructural. Donde los metales base más utilizados según la norma ecuatoriana de la construcción son: ASTM A36, ASTM A572 Gr. 50, ASTM A 588 Gr.50.

El cumplimiento de códigos, normas y especificaciones son fundamentales, en lo que respecta a la soldadura, se debe ejecutar con una especificación de procedimiento de soldadura (EPS) como indica el código AWS D1.1. Todas las soldaduras usadas en miembros y conexiones deben ser realizadas con un metal de aporte que produzca soldaduras capaces de proporcionar como mínimo una tenacidad Charpy de muesca V de 27 J (20 lb – pie) a 18 °C.

Para los ensayos destructivos O. Analuiza, menciona en su investigación previa al título de magister, que los más difundidos son los de tracción, impacto, propagación de grieta y macrografía. Información que sirve de sustento para elegir los ensayos más relevantes en lo que respecta al análisis de propiedades mecánicas a fractura.

1.4 Justificaciones

1.4.1 Justificación Teórica

La optimización de propiedades mecánicas a fractura, se logra por la combinación entre materiales de aporte, materiales base y tipos de junta, se genera información valiosa y con una rápida transferencia a los procesos industriales del país; además, se aporta con herramientas tecnológicas confiables en el proceso de soldadura y reducir uno de los fallos más influyentes en las estructuras metálicas el cuál es la fractura, lo que permite aportar en el desarrollo sustentable del país, la información y herramientas técnicas, respecto a este tema se encuentran al alcance con lo que podemos decir que se considera viable [16].

1.4.2 Justificación Metodológica

Los constructores de estructuras metálicas en el Ecuador necesitan alternativas de mejora de elementos para la reducción de costos en los procesos de fabricación de

estructuras metálicas, por lo tanto al finalizar la investigación se puede obtener información sobre los procesos de soldadura en juntas a tope y la optimización de las propiedades mecánicas a fractura en los elementos de las estructuras metálicas, es decir se entrega gráficos explicativos y tablas que proveen de información necesaria para que cuenten con un respaldo técnico- científico en sus actividades diarias en el ámbito de la metalmecánica. Esta investigación da cumplimiento al código AWS D 1.1. [16]

1.4.3 Justificación Práctica

Cuando se termine la investigación se proporcionará una ayuda al sector metalmecánico, ya que se especifica los procesos y detalles para la realización de una junta soldada, de tal manera que optimice las propiedades mecánicas a fractura de la misma, obedeciendo la normativa existente para este sector. Respecto al sector económico se disminuye los costos de manufactura de una estructura metálica, por medio de la soldadura de las múltiples juntas soldadas existentes en la misma, esto por el término optimización, que aumenta los parámetros establecidos hasta la actualidad. [16]

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Optimizar las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW (AWS D1.1) utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Investigar las variables y parámetros que intervienen en los procesos de soldadura SMAW en juntas soldadas a tope, bajo código AWS D1.1. a partir del estudio bibliográfico.
- Determinar teóricamente las propiedades mecánicas a fractura de las juntas soldadas a tope mediante soldadura SMAW bajo código AWS D1.1.
- Determinar experimentalmente y numéricamente las variables más influyentes en el proceso de soldadura SMAW en juntas soldadas a tope utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas para efectuar la combinación idónea.

- Determinar la combinación óptima de los elementos soldados con soldadura SMAW en juntas a tope, bajo código AWS D1.1.

1.6 Fundamentación teórica

1.6.1 Soldabilidad

Se define como la capacidad de un material para ser soldado, esto depende de las condiciones de fabricación impuestas, y se desempeña dentro de una estructura específica y adecuadamente diseñada, dando lugar a un proceder satisfactorio en servicio. [21]

1.6.2 Tipos de juntas

Hace referencia a la unión de los miembros, existen 5 tipos básicos de juntas:

- Junta a tope
- Junta en esquina
- Junta en T
- Junta de traslape
- Junta de borde u orilla

La terminología para designar cada uno de estos tipos de junta, se encuentran definidos en las normas correspondientes, allí se especifica de manera gráfica las características de cada tipo. [21]

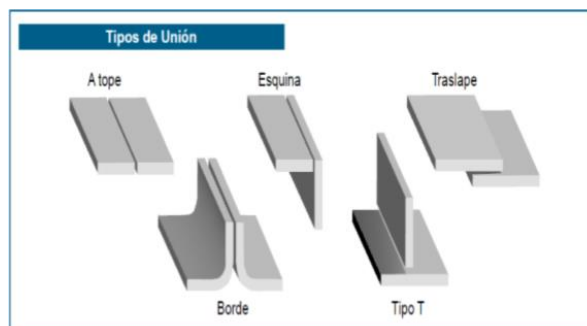


Figura 1.1 Tipo de unión

Fuente: [21]

1.6.3 Tipos de soldadura

Según la forma, la sección transversal del metal de soldadura y otras características, existen los siguientes tipos de soldadura:

- Soldadura de ranura
- Soldadura de filete
- Soldadura de pernos
- Soldadura de tapón
- Soldadura de botón
- Soldadura de puntos o proyección
- Soldadura de respaldo
- Soldadura de costura
- Soldadura de recubrimiento
- Soldadura de borde o reborde

La soldadura de ranura, dependiendo de la geometría de los bordes de los miembros de la junta, pueden ser de los siguientes tipos:

- Escuadra o cuadrada
- Bisel
- En “V”
- En “U”
- Abocinado en bisel
- Abocinado en “V”. [21]

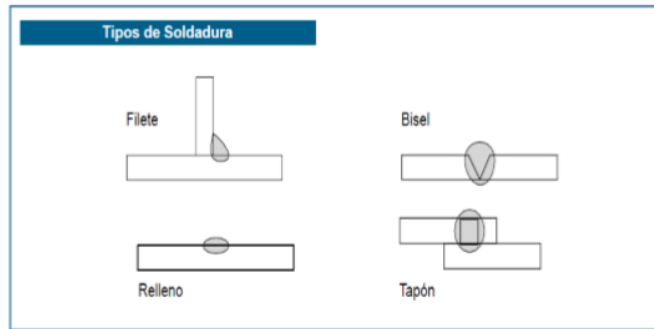


Figura 1.2 Tipo de soldadura

Fuente: [21]

1.6.4 Proceso de soldadura SMAW

El arco eléctrico es una corriente eléctrica que salta, a través del aire, entre dos o más cuerpos los mismos son conductores llamados electrodos.

Las moléculas de gas que rodean al electrodo negativo, reaccionan al calentarse, produciendo una liberación de electrones cargados de electricidad negativa, que serán atraídos por el otro electrodo cargado positivamente.

Aplicando una tensión en determinadas condiciones, origina una corriente electrónica, que, debido especialmente a la ionización por choque, cumple con las condiciones necesarias para la ionización de la columna de gas existente entre los electrodos o entre el electrodo y la pieza de trabajo.

Este gas ionizado constituye el rumbo por el que se realiza la marcha o migración de la electricidad.

Mientras que, en el interior de la columna gaseosa, los electrones negativos avanzan con enorme velocidad hacia el polo positivo.

La aceleración de las partículas, en el instante de choque con las moléculas neutras que contiene la corriente de gas, generan de manera instantánea, la descomposición en iones electropositivos y electronegativos, los cuales, por su parte, quedan igualmente a la disposición del transporte o a la migración de la electricidad.

La columna de gas adquiere en este momento una luminosidad media, y posteriormente entra una radiación intensa que produce un arco eléctrico o voltaico.

En esta instancia los átomos cargados positivamente también llamados cationes son atraídos por el polo negativo o cátodo, que por el choque de los iones se calienta considerablemente. A este proceso de descomposición de los átomos en iones y electrones se denomina ionización.

El choque de los electrones con el polo positivo que ha tenido lugar en la distancia aérea con una velocidad muy elevada, se produce con mucha violencia y la energía cinética se transforma en calor en el lugar del choque.

Para dar paso a un arco eléctrico para soldadura con electrodo desnudo se debe tener los siguientes elementos:

- Núcleo del arco
- Columna de vapor (arco)
- Llama
- Cráter o parte de la pieza fundida por el arco [21]

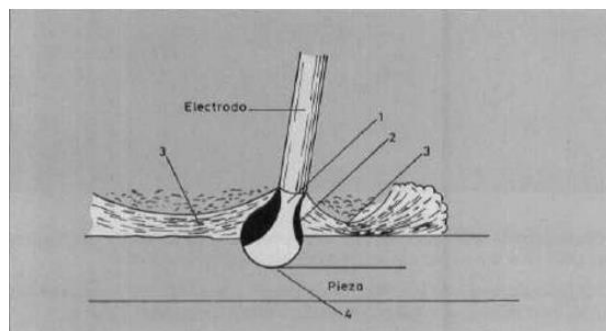


Figura 1.3 Elementos de soldadura

Fuente: [21]

1.6.5 Electrodo para soldadura de arco

El material de aportación que se usa en el proceso de soldadura de arco se conoce como electrodo y consiste en una varilla metálica, generalmente de acero, recubierta de un revestimiento concéntrico.

Se puede encontrar una amplia gama de electrodos, el uso de cada uno depende del metal base.

De tan amplia variedad se puede elegir el electrodo que posibilite la soldadura correcta, al costo más bajo en cada oportunidad.

En la especificación para aceros al carbono de electrodos revestidos, el sistema de clasificación está basado en la resistencia a la tracción del depósito. La identificación de clasificación, está compuesta de la letra E y cuatro dígitos. [18]

EXYZ	
Elemento	Significado
E	Electrodo para arco eléctrico
XX	Resistencia a la tensión en lb/in ²
Y	Posición de aplicación: 1 <i>Cualquier posición</i> 2 <i>Vertical</i> 3 <i>Horizontal</i>
Z	Características de la corriente 0 <i>CC invertida</i> 1 <i>CC y CA sólo invertida</i> 2 <i>CC (directa) y CA</i> 3 <i>CC y CA (directa)</i>

Figura 1.4 Configuración de electrodos

Fuente: [21]

1.6.6 Ensayos y propiedades mecánicas

La selección de un material al adecuar sus propiedades mecánicas a las condiciones de servicio requeridas para el componente. Como primer paso del proceso la selección requiere que se analice la aplicación, a fin de determinar las características más importantes que el material debe poseer.

Conociendo las propiedades requeridas, se puede seleccionar el material apropiado utilizando la información incluida en los manuales, se debe sin embargo conocer cómo se llega a las propiedades incluidas en los manuales, lo que dichas propiedades significan y tomar en cuenta que las propiedades listadas se han obtenido a partir de ensayos y pruebas ideales que pudieran no ser exactamente aplicables a casos o aplicaciones ingenieriles de la vida real. [21]

1.6.7 Ensayo de tracción

El ensayo de tensión es el más difundido, esto por las propiedades que se obtiene y puede aplicarse en el diseño de distintos componentes. En este ensayo se puede medir la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en este ensayo son muy leves, generalmente la pieza a examinarse es una probeta con medidas especificadas por normas referentes a este ensayo.

La máquina que hace posible este ensayo es la máquina universal de pruebas, en la que se pueden ejecutar tensión y compresión. Para medir la cantidad que se estira el espécimen entre las marcas de calibración cuando se aplica la carga, se usa un extensómetro o galga extensométrica.

Por tanto, lo que se mide es el cambio de longitud del espécimen ΔL , en una longitud determinada l_0 . En ese ensayo de tensión se puede obtener información acerca de la resistencia, el módulo de Young y la ductilidad de un material. [21]



Figura 1.5 Máquina universal

Fuente: [21]

1.6.8 Ensayo de propagación de grieta

Se basa en la norma ASTM E399. Donde se especifica la geometría de la probeta y los valores permisibles de la propagación de grieta, la máquina que hace posible dicho ensayo es la máquina universal, y lo que se pretende es determinar el valor de la tenacidad de fractura K_{IC} . [19]

1.6.9 Ensayo por fractura o impacto

La técnica de ensayo de impacto está bien establecida para caracterizar la fractura de los materiales, ya que actualmente la mecánica de fractura se considera como una disciplina científica.

No se puede extrapolar los resultados de ensayos de tracción para predecir el comportamiento a la fractura.

Este tipo de ensayo posee las condiciones más estrictas con respecto a la fractura.

La técnica de ensayo de impacto Charpy e Izod fueron diseñados y todavía son utilizados para medir la energía de impacto, algunas veces también llamada tenacidad a la entalla. La técnica de Charpy con entalla en forma de V es la más común. [21]

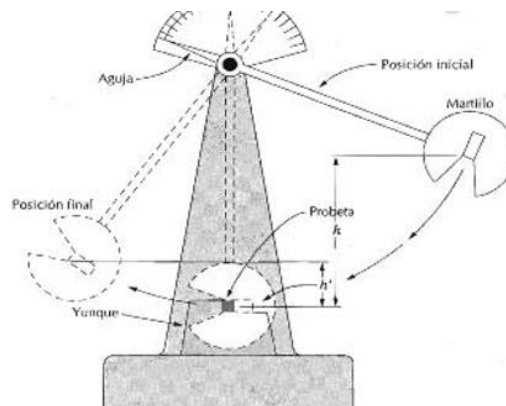


Figura 1.6 Máquina de ensayo Charpy

Fuente: [21]

1.6.10 Comportamiento en fractura de materiales metálicos

Existen dos mecanismos principales de fractura en metales denominados fractura por clivaje y fractura dúctil. El agrietamiento producido en los metales a causa de la fatiga y corrosión dado que se encuentran a tensión, desarrolla grietas de tamaño crítico, ocasionando la fractura final por clivaje o por fractura dúctil. Cabe mencionar que la fractura frágil se asocia a una pequeña deformación, de igual manera si se trata de un crecimiento por fatiga.

El estudio de los mecanismos de fractura ha progresado a partir del desarrollo satisfactorio del microscopio electrónico, siendo uno de los métodos más efectivos, la microscopía electrónica de barrido (SEM). [22]

1.6.11 Fractura por clivaje

La tenacidad define la capacidad de un material para deformarse plásticamente y absorber energía, la terminología más habitual, referente a la fractura está establecida por alta tenacidad (dúctil) y baja tenacidad (frágil). Donde el clivaje se relaciona con la fractura frágil, originada en materiales cristalinos.

La fractura por clivaje tiene como característica principal la alta velocidad de propagación de la grieta, trasladándose por separaciones de los enlaces atómicos a lo largo de un plano cristalográfico dado.

Respecto a los planos que con mayor medida presentan clivaje son aquellos que tienen menor densidad de empaquetamiento, porque el número de enlaces a separarse es menor y su distancia interplanar es mayor. El mecanismo de fractura por clivaje está dispuesto cuando la deformación plástica está restringida tal es el caso de los metales de cristalización cúbica centrada en las caras (FCC), se puede citar al níquel, cobre, aluminio, como representantes de este grupo, mismos que presentan baja disposición a la fractura por clivaje. En lo que tiene que ver con metales BCC están expuestos a presentar fractura por clivaje cuando la temperatura es baja, ya que tienen un número limitado de sistemas de deslizamiento, como es el caso del hierro, wolframio, molibdeno y cromo. Finalmente, para los metales policristalinos, hexagonal compacto (HCP), mismos que solo tienen tres sistemas de deslizamiento por grano resultan sumamente susceptibles a la fractura por clivaje, de este grupo podemos citar al cinc, berilio y magnesio. [22]

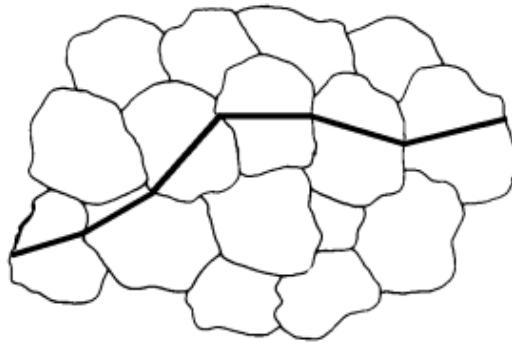


Figura 1.7 Mecanismo de clivaje a lo largo de los granos de un material cristalino

Fuente: [22]

1.6.12 Fractografía del clivaje

La fractura por clivaje presenta un aspecto brillante observable a simple vista dado que las caras son planas. Una grieta puede extenderse simultáneamente en dos planos cristalográficos paralelos. Las dos grietas paralelas crecen a lo largo de una línea, esto por resultado de un clivaje secundario, como por cortadura, dando paso a un escalón característico. [22]

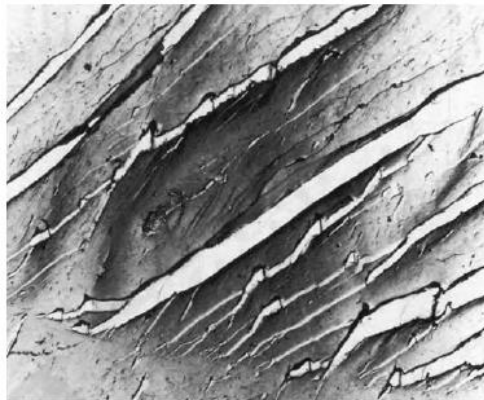


Figura 1.8 Escalones de clivaje de un acero dulce ferrítico, a temperatura baja

Fuente: [22]

1.6.13 Fractura dúctil

Este tipo de fractura está asociada con la deformación plástica, en algunos casos la cantidad de deformación plástica que es necesaria para producir una fractura es limitada y con un consumo pequeño de energía, desde el punto de vista ingenieril la fractura siempre se considera frágil y generalmente se origina en una grieta aguda. [22]

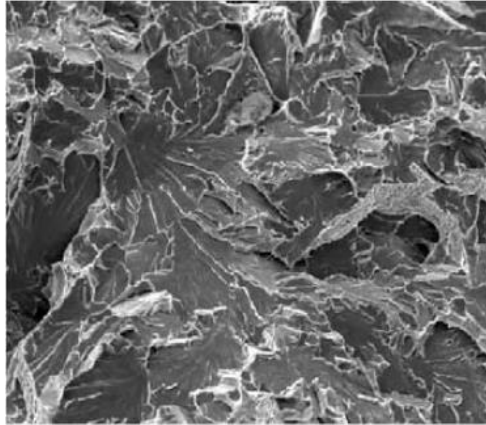


Figura 1.9 Grieta originada en el borde de grano

Fuente: [22]

1.6.14 Crecimiento dúctil de la grieta

Al cargar una pieza agrietada la aparición de microhuecos, formadas por crecimiento y coalescencia en el frente de grieta, donde se produce la nucleación de microhuecos, mismos que crecen en el enromamiento de la grieta en algunas ocasiones se unen a la grieta principal. Una grieta en una placa crece por coalescencia de microhuecos, generalmente el crecimiento más rápido se da en el centro de la placa ya que es en esta zona donde existe mayor triaxilidad, la variación de triaxilidad a lo largo de la superficie evaluada da paso a labios de cortadura, los cuales son la característica principal de una fractura dúctil. En estos labios la grieta crece cerca de la superficie con un ángulo de 45° . [22]

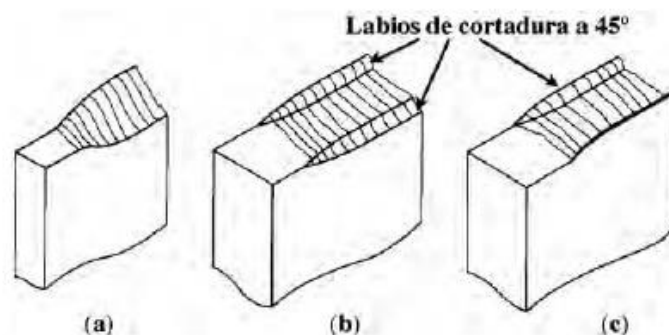


Figura 1.10 Labios de cortadura a) Fractura rota desde 90° a 45° , b) y c) labios característicos a 45° en sus costados

Fuente: [22]

1.7 Categorías Fundamentales

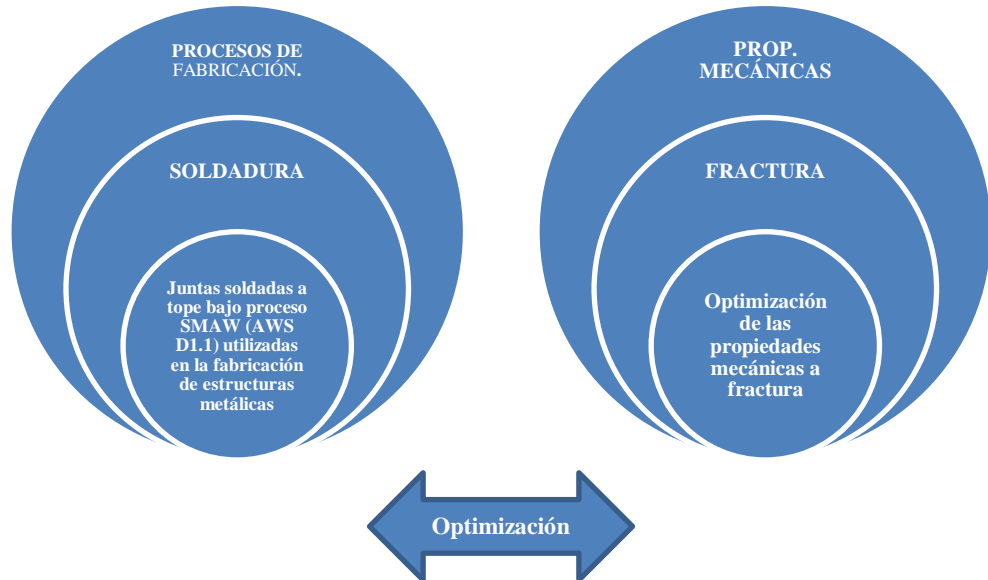


Figura 1.11 Categorizaciones fundamentales

Fuente: Autor

1.8 Hipótesis

El control de los parámetros de las juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda., permitirá mejorar el desempeño de las propiedades mecánicas a fractura.

1.9 Señalamiento de variables

1.9.1 Variable independiente

Juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda.

1.9.2 Variable dependiente

Desempeño de las propiedades mecánicas a fractura

1.9.3 Término de relación

Permitirá mejorar

CAPÍTULO II

2.1 Enfoque

En el transcurso de la investigación se producirán análisis cuantitativos, ya que se recolectarán datos e información a partir de los ensayos a desarrollar, con los cuales se determinará la magnitud de la resistencia última a la tensión, dureza y energía absorbida por medio de la prueba de impacto de la junta soldada en estudio bajo condiciones prestablecidas, para el posterior procesamiento e interpretación de los resultados obtenidos.

2.2 Modalidad básica de la investigación

2.2.1 Experimental

Se emplea la investigación experimental ya que se aplica diseños en los que se manipulan una o varias variables independientes, en los mismos se miden los efectos de la variable independiente sobre la variable de respuesta. En esta investigación se plantea una situación experimental que se propone validar.

Debido a su contextualización, el presente estudio necesita la aplicación de la modalidad de investigación bibliográfica, porque requiere fuentes como libros, tesis, publicaciones, artículos técnicos y más para su desarrollo.

2.3 Metodología

Tabla 2.1 Metodología usada para cada objetivo

OBJETIVOS	MÉTODO
Investigar las variables y parámetros que intervienen en los procesos de soldadura SMAW en juntas soldadas a tope, bajo código AWS D1.1. a partir del estudio bibliográfico.	Investigación bibliográfica Debido a su contextualización, el presente estudio necesita la aplicación de la modalidad de investigación bibliográfica, porque requiere fuentes como libros, tesis, publicaciones,

	<p>artículos técnicos y más para su desarrollo.</p> <p>Método de análisis</p> <p>Se aplica este tipo de investigación ya a que se genera información enmarcada en una metodología aplicable a datos afines, contiene información extensa y desarrollada para procesos de análisis, desde la recolección de los datos hasta la conclusión objetiva de una hipótesis.</p>
<p>Precisar teóricamente las propiedades mecánicas a fractura de las juntas soldadas a tope mediante soldadura SMAW bajo código AWS D1.1.</p>	<p>Investigación de síntesis</p> <p>Se trata de una investigación por síntesis, ya que no es suficiente entender los parámetros y características tratadas, sino que se busca la relación de los mismos con las respuestas y es tipo de análisis, respectivamente.</p> <p>Investigación descriptiva</p> <p>Se establece este tipo de investigación debido a que se efectúa una representación completa de parámetros dentro de cada una de las propiedades, además se estiman características de las poblaciones, necesarias para un análisis completo de respuestas y factores de entrada.</p>
<p>Determinar experimentalmente y numéricamente las variables más influyentes en el proceso de soldadura SMAW en juntas soldadas a tope utilizadas en la fabricación de</p>	<p>Investigación experimental</p> <p>Se emplea la investigación experimental ya que se aplica diseños en los que se manipulan una o varias variables independientes, en los mismos se miden</p>

estructuras metálicas para efectuar la combinación idónea.	los efectos de la variable independiente sobre la variable de respuesta. En esta investigación se plantea una situación experimental que se propone validar.
Determinar la combinación óptima de los elementos soldados con soldadura SMAW en juntas a tope, bajo código AWS D1.1.	<p>Asociación de variables</p> <p>El nivel de la investigación es del tipo de asociación de variables porque se interpretan los datos de las variables ya mencionadas.</p>

Fuente: Autor

2.4 Nivel o tipo de investigación

2.4.1 Investigativo

Se aplica este tipo de investigación ya a que se genera información enmarcada en una metodología aplicable a datos afines, contiene información extensa y desarrollada para procesos de análisis, desde la recolección de los datos hasta la conclusión objetiva de una hipótesis.

2.4.2 Descriptivo

Se establece este tipo de investigación debido a que se efectúa una representación completa de parámetros dentro de cada una de las propiedades, además se estiman características de las poblaciones, necesarias para un análisis completo de respuestas y factores de entrada.

2.4.3 Asociación de variables

El nivel de la investigación es del tipo de asociación de variables porque se interpretan los datos de las variables ya mencionadas.

2.5 Objeto

Optimización de las propiedades mecánicas a fractura a través de la experimentación de variables influyentes en el proceso de soldadura SMAW, en juntas soldadas a tope.

2.6 Población y muestra

2.6.1 Población

El presente trabajo de desarrollo toma en cuenta como población a las juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW, utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas.

Se identifican las combinaciones descritas en la siguiente tabla, para los análisis de los datos.

Tabla 2.2 Combinación de parámetros de soldadura

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta
Combinación 1	E- 6010	X
Combinación 2	E- 6010	V
Combinación 3	E- 6011	X
Combinación 4	E- 6011	V
Combinación 5	E- 7018	X
Combinación 6	E- 7018	V

Fuente: Autor

2.6.2 Muestra

Juntas soldadas a tope, bajo proceso SMAW, con material base de acero ASTM A 572 Grado 50, con un espesor de 8 mm, soldados con los materiales de aporte designados como E-6010, E-6011, E-7018, tanto para juntas en X como en V, utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas.

Para tener un carácter comparativo numéricamente aceptable, se establece emplear una metodología estadística para efectuar el análisis de los datos, contrastando la validez de los datos y un posterior análisis de propiedades.

En base a un Diseño de Experimentos Factorial General Completo 3x2, se tiene el tamaño de muestra, con el número de probetas que se señalan en la Tabla 2.3, especificado para cada tipo de ensayo.

Tabla 2.3 Factores de entrada para la fabricación de muestra de juntas a tope

Ensayo	Material de aporte	Tipo de junta	Número de probetas
Tracción	E- 6010	X	3
		V	3
	E- 6011	X	3
		V	3
	E- 7018	X	3
		V	3
TOTAL			18
Impacto	E- 6010	X	3
		V	3
	E- 6011	X	3
		V	3
	E- 7018	X	3
		V	3
TOTAL			18
Crecimiento de grieta	E- 6010	X	3
		V	3
	E- 6011	X	3
		V	3
	E- 7018	X	3
		V	3
TOTAL			18

Fuente: Autor

2.7 Operacionalización de variables

2.7.1 Variable independiente

Juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda.

Tabla 2.4 Variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La soldadura es considerada como un proceso donde se realiza la unión de dos o más materiales, esto por la fusión entre material de aporte y material base, considerando que el metal de aporte debe tener un punto de fusión menor al de la pieza a soldar	Proceso SMAW	Parámetros	Intensidad de corriente Velocidad de avance Posición del electrodo	Manuales y catálogos
	Metal de aporte	Electrodos E-6010 E-6011 E-7018	Preparación de junta Tipo: X, V	Tabulación de datos código AWS D1.1

Fuente: Autor

2.7.2 Variable dependiente

Desempeño de las propiedades mecánicas a fractura

Tabla 2.5 Variable dependiente

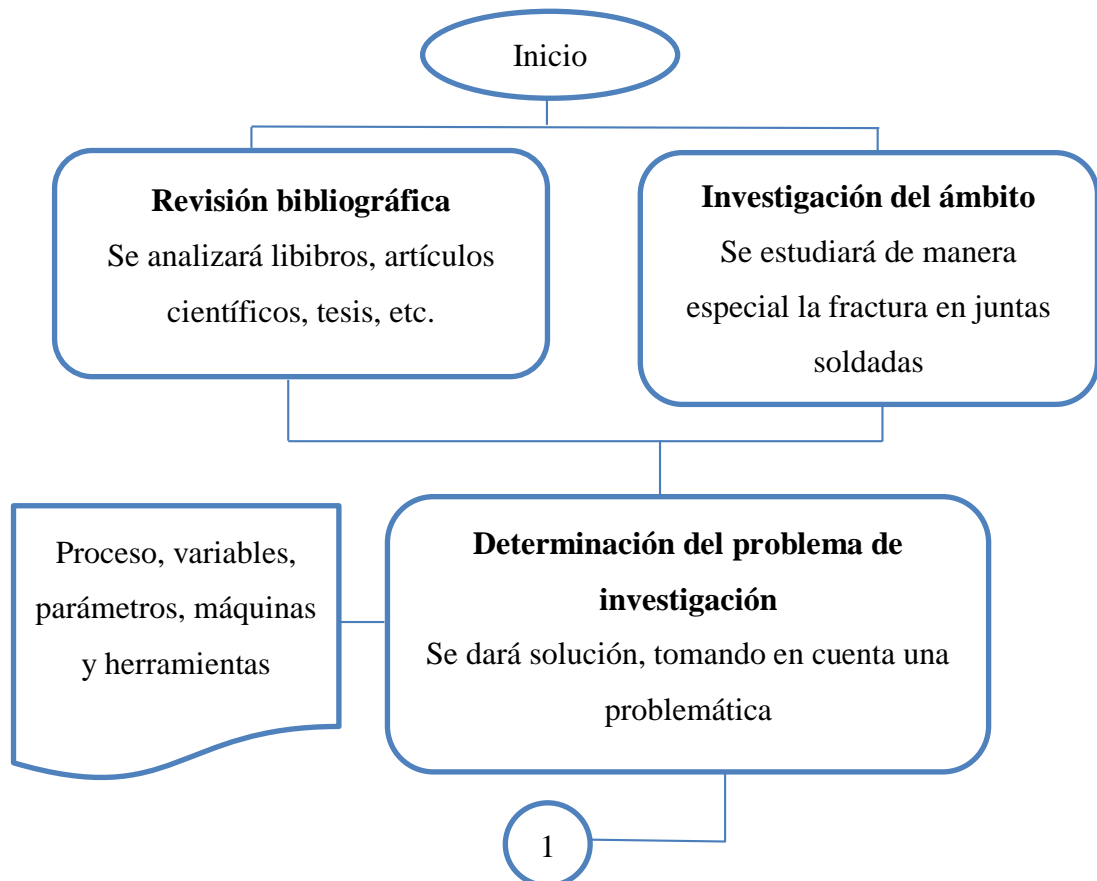
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Las propiedades mecánicas a fractura se refieren a la capacidad que debe tener un material a cargas antes de aparecer la fractura, de ahí que	Tracción	Resistencia a la tracción (N/mm^2) Porcentaje de elongación (%)	¿Cuál es la resistencia a la tracción que soporta las combinaciones efectuadas?	Técnicas de observación directa: Formatos para toma de datos de ensayos de laboratorio

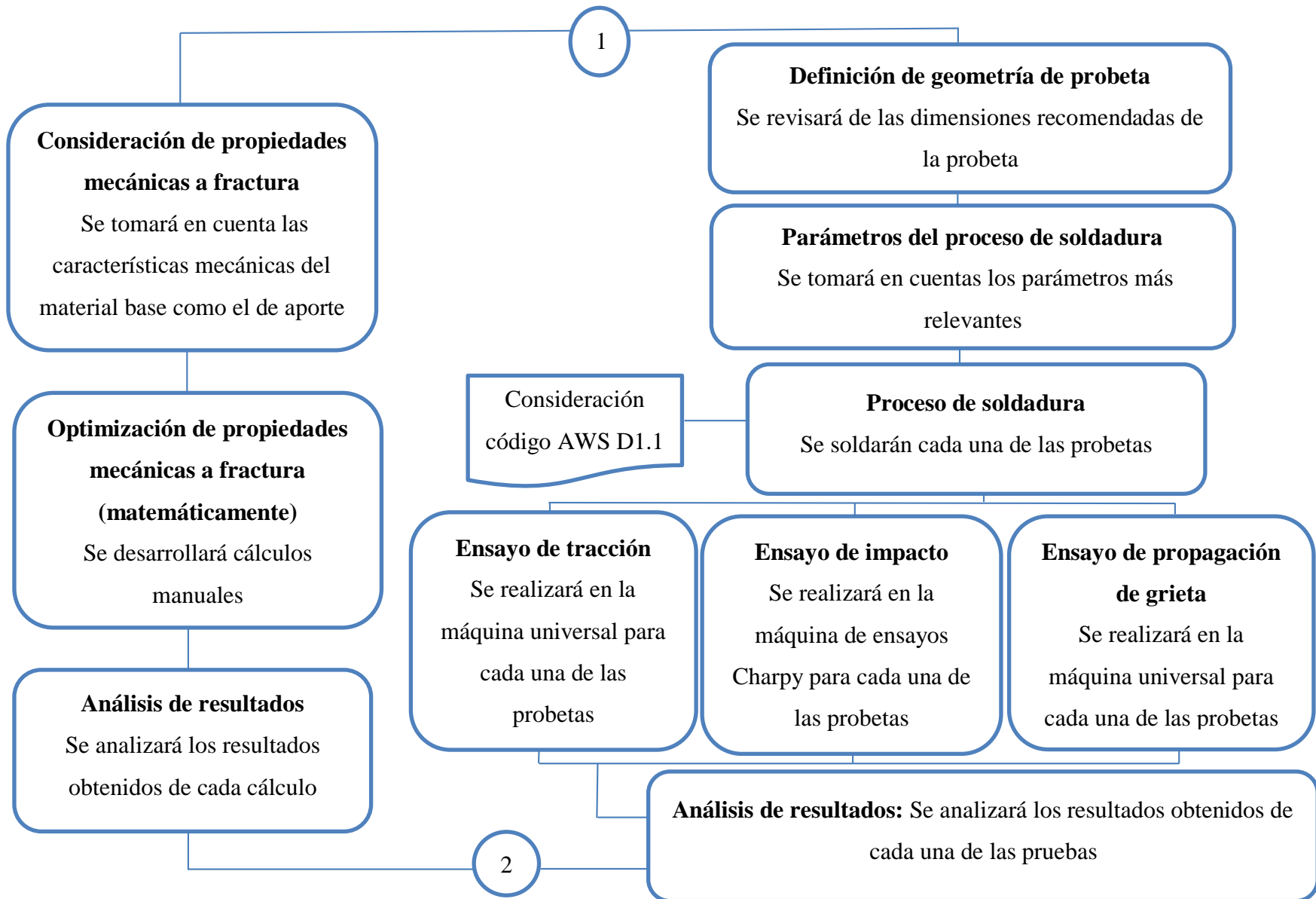
se necesita el sometimiento de análisis como: Propagación de grieta, Impacto y tracción.	Impacto	Energía de impacto (J)	¿Cuál es la energía de impacto que soporta las combinaciones?	Instrumentos: Cálculos Manuales, Catálogos, Normas.
	Propagación de grieta	Aparición de grietas Fisuras (mm) Discontinuidades	¿Dimensionamiento de fisuras y discontinuidades?	Técnicas de observación directa: código AWS D1.1

Fuente: Autor

2.8 Recolección de la información

La recolección de información correspondiente a optimización de propiedades mecánicas a fractura y juntas soldadas a tope para estructuras metálicas se obtendrá mediante la técnica bibliográfica, la técnica de campo y ensayos.





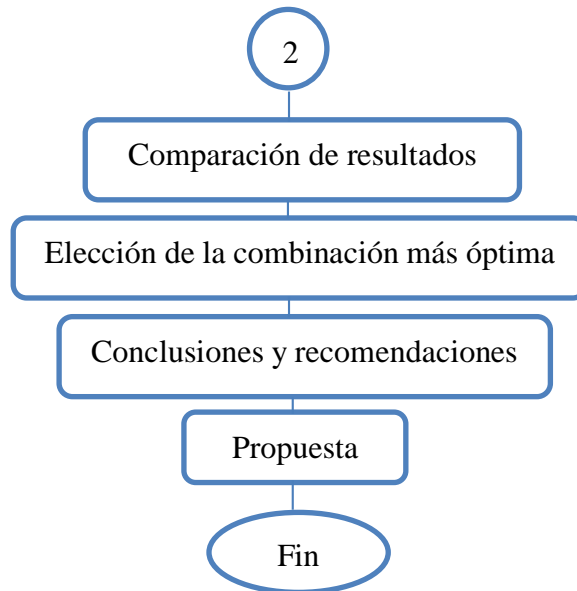


Figura 2.1 Diagrama de flujo del procesamiento y análisis de datos

Fuente: Autor

La técnica bibliográfica, proveniente de libros, tesis de maestría y doctorados y artículos técnicos relacionados, la técnica de campo se realizará con la intención de recopilar información primaria a través de entrevistas al Ing. Juan Paredes, Msc. (UTA) e Ing. Mario Lara, Msc (ESPE), personas con un reconocido trajinar en estos temas, en cuanto a los ensayos se los realizará en las instalaciones del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Para el procesamiento de los datos que se obtuvieron en los ensayos se utilizaran: tablas, fichas de recolección de información, fotografías y planos que permitan la tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros y a la relación que tienen las variables de la hipótesis. Relación porcentual con respecto al total de los indicadores, con el resultado numérico y con esta herramienta se elaboraron cuadros de promedios de resultados.

Los resultados se representan a través de gráficos, estadística y curvas que permitieron identificar las propiedades mecánicas del material, por ejemplo: curva esfuerzo – deformación, comparación de propiedades vs número de probetas.

2.9 Procesamiento y análisis

Una vez concluido con los ensayos, se realizó la tabulación de datos para hacer la comparación con los valores de referencia del código AWS D1.1 y propiedades de los materiales. Posteriormente se procedió a la interpretación y análisis de los resultados. La interpretación de resultados estará apoyada en el marco teórico y mediante la utilización de tablas y gráficos se analiza que está ocurriendo con la fractura de cada una de las combinaciones.

Esta interpretación permitirá resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo al objetivo e hipótesis, para finalmente comprobar la validez de la hipótesis y de esta manera otorgar nuevas conclusiones y recomendaciones.

2.10 Recursos

2.10.1 Recursos materiales

- Máquina universal de ensayos (describir)
- Máquina de ensayos Charpy
- Probetas
- Electrodo E-6010 [Anexo 7]
- Electrodo E-6011 [Anexo 8]
- Electrodo E-7018 [Anexo 9]

2.10.2 Recursos institucionales

Tabla 2.6 Recursos institucionales

No.	INSTITUCIÓN	SECCIÓN
1	Universidad Técnica de Ambato	Laboratorio Materiales FICM

Fuente: Autor

2.10.3 Recursos humanos

Tabla 2.7 Recursos humanos

No.	INSTITUCIÓN	SECCIÓN
1	Ing. Diego Reyes	Autor
2	Ing. Juan Paredes, Msc	Docente en el área de materiales
3	Ing. Mario Lara, Msc	Docente en el área de materiales

Fuente: Autor

2.10.4 Recursos económicos

Tabla 2.8 Recursos económicos, materiales y equipos

RUBROS DE COSTOS- RECURSOS MATERIALES Y EQUIPOS				
Cant.	Unidad	Detalle	Precio unit. \$	Valor \$
1	Kg	Electrodo E-6011	20	20
1	Kg	Electrodo E-6010	28	28
1	Kg	Electrodo E-7018	28	28
10	h	Soldadora SMAW	8	80
30	-	Máquina universal	15	450
30	-	Prensa universal	15	450
30	-	Impacto Charpy	7.50	225
CANTIDAD EN DÓLARES			SUBTOTAL	1281
			IVA 12%	153.72
			TOTAL	1434.72

Fuente: Autor

Tabla 2.9 Recursos económicos, recurso humano

RUBROS DE COSTOS - RECURSOS HUMANOS			
Cant.	Detalle	Precio unit. \$	Valor \$
1	Ayudante soldador	100	100
1	Ayudante elaboración de probetas	100	100
TOTAL			200

Fuente: Autor

Tabla 2.10 Recursos económicos, recursos de oficina

RUBROS DE COSTOS - RECURSOS DE OFICINA				
Cant.	Unidad	Detalle	Precio unit. \$	Valor \$
800	-	Impresiones	0.10	80
500	-	Copias	0.02	10
4	-	Anillados	5	20
3	-	Empastados	25	75
200	h	Uso internet	0.50	100
1	-	Movilización	80	80
TOTAL			SUBTOTAL	365
			IVA 12%	43.8
			TOTAL	408.8

Fuente: Autor

Tabla 2.11 Recursos económicos, rubro total

RUBRO DE COSTO TOTAL	
Detalle	Valor \$
Recursos materiales y equipos	1434.72
Recursos humanos	200
Recursos de oficina	408.8
SUBTOTAL	2043.52
Imprevistos 10%	204.352
TOTAL	2247.872

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

3.1 Estudio de casos y combinaciones

Tabla 3.1 Estudio de casos y detalle de combinaciones

ESTUDIO DE CASOS		
Ensayo de tracción		
Número de casos	Detalle de combinaciones	Combinación
CASO 1	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	Combinación 1
CASO 2	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 3	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 4	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	Combinación 2
CASO 5	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	
CASO 6	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	
CASO 7	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 12.5 mm.	Combinación 3
CASO 8	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 9	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 10	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 12.5 mm.	Combinación 4
CASO 11	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 12.5 mm.	
CASO 12	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 12.5 mm.	
CASO 13	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	Combinación 5
CASO 14	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 15	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 12.5 mm.	
CASO 16	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	Combinación 6
CASO 17	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	
CASO 18	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 12.5 mm.	
Ensayo de Impacto		
Número de casos	Detalle de combinaciones	Combinación
CASO 19	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 10 mm.	

CASO 20	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 10 mm.	Combinación 1
CASO 21	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 10 mm.	
CASO 22	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 10 mm.	Combinación 2
CASO 23	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 10 mm.	
CASO 24	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 10 mm.	
CASO 25	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 10 mm.	Combinación 3
CASO 26	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 10 mm.	
CASO 27	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 10 mm.	
CASO 28	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 10 mm.	Combinación 4
CASO 29	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 10 mm.	
CASO 30	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 10 mm.	
CASO 31	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 10 mm.	Combinación 5
CASO 32	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 10 mm.	
CASO 33	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 10 mm.	
CASO 34	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 10 mm.	Combinación 6
CASO 35	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 10 mm.	
CASO 36	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 10 mm.	
Propagación de grieta		
Número de casos	Detalle de combinaciones	Combinación
CASO 37	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 36 mm.	Combinación 1
CASO 38	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 39	E-6010 (70%), E-7018 (30%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 40	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 36 mm.	Combinación 2
CASO 41	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 36 mm.	
CASO 42	E-6010 (70%), E-7018 (30%), V (60°), e 36 mm.	
CASO 43	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 36 mm.	Combinación 3
CASO 44	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 45	E-6011 (80%), E-7018 (20%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 46	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 36 mm.	Combinación 4
CASO 47	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 36 mm.	
CASO 48	E-6011 (80%), E-7018 (20%), V (60°), e 36 mm.	

CASO 49	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 36 mm.	Combinación 5
CASO 50	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 51	E-7018 (70%), E-6011 (30%), X (45°), e 36 mm.	
CASO 52	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 36 mm.	Combinación 6
CASO 53	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 36 mm.	
CASO 54	E-7018 (70%), E-6011 (30%), V (60°), e 36 mm.	

Fuente: Autor

3.2 Datos ensayo a tracción

Se efectuó el ensayo de tracción de las juntas soldadas, mediante Norma ASTM E8 [Anexo 10]. Del ensayo a tracción [Anexo 1] se tienen los siguientes datos.

Tabla 3.2 Propiedades mecánicas ensayo a tracción

Combinación	Probeta	Carga máxima [kN]	Esfuerzo máximo [MPa]
1	1	76,8	512,0
1	2	81,9	546,0
1	3	75,9	505,8
2	4	72,7	484,6
2	5	75,7	504,4
2	6	68,8	458,8
3	7	77,2	514,8
3	8	76,5	509,9
3	9	76,3	508,5
4	10	72,9	485,5
4	11	76,8	512,1

4	12	75	499,9
5	13	72,2	481,4
5	14	76,7	511,2
5	15	75,1	500,8
6	16	79,3	528,8
6	17	75,6	504,0
6	18	81,2	541,0

Fuente: Autor

3.3 Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por tensión

Para el cálculo se emplea la siguiente ecuación: [20].

$$K_{IC} = \frac{P_Q}{B \cdot \sqrt{W}} \cdot f(a/W)$$

En el que el valor de P_Q , se estima a través de la carga y B y W vienen dados por la geometría de las probetas. El valor de $f(a/W)$, se estima con la condición más pequeña dentro de los valores de la tabla, debido a la naturaleza del ensayo.

Es así que se tiene para cada uno de los casos analizados:

- Combinación 1, Caso 1

$$K_{IC} = \frac{69,818}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 209,630 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

- Combinación 1, Caso 2

$$K_{IC} = \frac{80,294}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 241,085 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 1, Caso 3

$$K_{IC} = \frac{70,287}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 211,010 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 2, Caso 4

$$K_{IC} = \frac{69,904}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 209,888 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 2, Caso 5

$$K_{IC} = \frac{74,216}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 222,834 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 2, Caso 6

$$K_{IC} = \frac{63,704}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 191,272 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 3, Caso 7

$$K_{IC} = \frac{73,524}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 220,757 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 3, Caso 8

$$K_{IC} = \frac{72,170}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 216,691 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 3, Caso 9

$$K_{IC} = \frac{73,365}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 220,281 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 4, Caso 10

$$K_{IC} = \frac{70,096}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 210,465 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 4, Caso 11

$$K_{IC} = \frac{71,776}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 215,508 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 4, Caso 12

$$K_{IC} = \frac{73,529}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 220,773 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 5, Caso 13

$$K_{IC} = \frac{69,423}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 208,444 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 5, Caso 14

$$K_{IC} = \frac{72,358}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 217,258 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

- Combinación 5, Caso 15

$$K_{IC} = \frac{72,913}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 218,921 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 16

$$K_{IC} = \frac{75,524}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 226,762 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 17

$$K_{IC} = \frac{70,654}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 212,141 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 18

$$K_{IC} = \frac{78,077}{1,976 \cdot \sqrt{1,976}} \cdot 8,34$$

$$K_{IC} = 234,427 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$$

3.4 Datos ensayo de impacto

Se efectuó el ensayo a impacto a las juntas soldadas mediante la norma ASTM E23 [Anexo 11]. Del ensayo de impacto se tiene los siguientes datos.

Tabla 3.3 Propiedades mecánicas ensayo de impacto

Energía de fallo				
Comb.	Probetas	Valor en Joule	Valor en kg/m	Valor en Nm (CVN)
1	19	235.4	24.02	235.4
1	20	295.4	30.14	295.4
1	21	250.4	25.55	250.4
2	22	275.4	28.10	275.4
2	23	295.4	30.14	295.4
2	24	270.4	27.59	270.4
3	25	240.4	24.53	240.4
3	26	290.4	29.63	290.4
3	27	205.4	20.96	205.4
4	28	295.4	30.14	295.4
4	29	280.4	28.61	280.4
4	30	285.4	29.12	285.4
5	31	275.4	28.10	275.4
5	32	285.4	29.12	285.4
5	33	290.4	29.63	290.4
6	34	230.4	23.51	230.4
6	35	225.4	23	225.4

6	36	275.4	28.1	275.4
---	----	-------	------	-------

Fuente: Autor

3.5 Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por impacto

Para el cálculo se emplea la siguiente ecuación: [20].

$$K_{ic} = \sigma_y \sqrt{0.646 \frac{CVN}{\sigma_y} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

En la que, el valor del esfuerzo de fluencia se estima de la tabla siguiente, en la que se obtiene un valor de $\sigma_y = 345 \text{ MPa}$.

Tabla 3.4 Propiedades del acero de diverso grado

Grado	Límite de Fluencia (min.)		Resistencia a la Tracción (min.)		Elongación Min. % En 200mm (8in)
	MPa	PSI	MPa	PSI	
42	290	42000	415	60000	20
50	345	50000	450	65000	18
60	415	60000	520	75000	16
65	450	65000	550	80000	15

Fuente: [5]

Es así que, para el cálculo de la tenacidad a la fractura de cada caso, se procede en cada ensayo a estimar la tenacidad partiendo de los valores de CVN, estos valores se toman de la Tabla 3.3.

- Combinación 1, Caso 19

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{235.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 227.39 \text{ MPa} \sqrt{m}$$

- Combinación 1, Caso 20

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{295.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 255.11 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 1, Caso 21

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{250.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 234.63 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 2, Caso 22

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{275.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 246.22 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 2, Caso 23

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{295.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 255.11 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 2, Caso 24

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{270.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 243.94 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 3, Caso 25

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{240.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 229.83 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 3, Caso 26

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{290.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 252.91 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 3, Caso 27

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{205.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 212.18 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 4, Caso 28

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{295.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 255.11 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 4, Caso 29

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{280.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 248.47 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 4, Caso 30

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{285.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 250.70 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 5, Caso 31

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{275.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 246.22 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 5, Caso 32

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{285.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 250.70 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 5, Caso 33

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{290.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 252.91 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 34

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{230.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 224.93 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 35

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{225.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 222.44 M_{pa} \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 36

$$K_{ic} = 345 \sqrt{0.646 \frac{275.4}{345} - 6.35 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ic} = 246.22 M_{pa} \sqrt{m}$$

3.6 Datos ensayo a flexión

Se efectuó el ensayo a flexión por tres puntos de las juntas soldadas, mediante Norma ASTM E-399 [Anexo 12]. Del ensayo a flexión [Anexo 5] se tiene los siguientes datos.

Tabla 3.5 Propiedades ensayo a flexión

Comb.	Probeta	Longitud [mm]	Ancho [mm]	Área [mm ²]	Peso [kg]	Carga [kN]	Carga [kg]	Desplaz. [mm]
1	37	200.00	12.50	150.00	0.310	15.6	1590.76	2.54
1	38	200.00	12.50	150.00	0.306	12.1	1233.86	0.92
1	39	200.00	12.50	150.00	0.309	21.3	2172	3.01
2	40	200.00	12.50	150.00	0.304	31.2	3181.51	3.08
2	41	200.00	12.50	150.00	0.303	35.08	3577.11	3.40
2	42	200.00	12.50	150.00	0.312	31.49	3211.04	4.35
3	43	200.00	12.50	150.00	0.308	18.59	1895.65	4.23
3	44	200.00	12.50	150.00	0.309	24.71	2519.68	3.51

3	45	200.00	12.50	150.00	0.320	24.24	2471.75	1.66
4	46	200.00	12.50	150.00	0.314	20.8	2121.01	1.80
4	47	200.00	12.50	150.00	0.315	18.78	1915.00	3.63
4	48	200.00	12.50	150.00	0.316	22.15	2258.64	2.26
5	49	200.00	12.50	150.00	0.319	19.32	1970.09	2.03
5	50	200.00	12.50	150.00	0.308	23.55	2401.39	1.29
5	51	200.00	12.50	150.00	0.320	28.28	2883.71	3.78
6	52	200.00	12.50	150.00	0.305	27.3	2783.82	5.30
6	53	200.00	12.50	150.00	0.306	33.29	3394.58	4.55
6	54	200.00	12.50	150.00	0.304	37.01	3773.91	5.65

Fuente: Autor

3.7 Cálculo del desplazamiento en la punta de la grieta (CTOD)

Para el cálculo de este parámetro se tiene el esquema de la bisagra en la Figura 3.1.

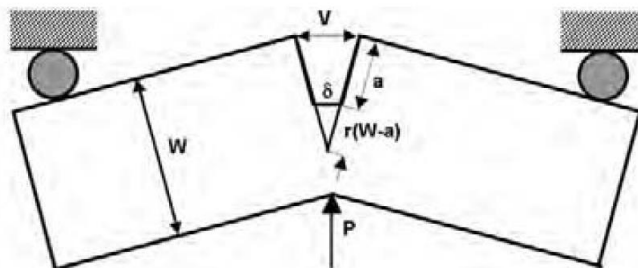


Figura 3.1 Modelo de bisagra para la estimación del CTOD

Fuente: [Arana]

Es así que, para el cálculo del CTOD, se tiene la ecuación: [Anexo 12].

$$\delta = \frac{r \cdot (W - a) \cdot V}{r \cdot (W - a) + a}$$

Donde: r , es el factor de rotación, determinado experimentalmente

W , es la longitud de la probeta

a , es la longitud de la entalla más la grieta generada

Con estas consideraciones se calcula el CTOD en cada caso ensayado.

- Combinación 1, Caso 37

r : 0.44

W : 36 mm

a : 19.21 mm

V : 13.89 mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 19.21) 13.89}{0.44 (36 - 19.21) + 19.21}$$

$$\delta = 2.34 \text{ mm}$$

- Combinación 1, Caso 38

r : 0.44

W : 36 mm

a : 18.68 mm

V : 6.85 mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.68) 6.85}{0.44 (36 - 18.68) + 18.68}$$

$$\delta = 1.98 \text{ mm}$$

- Combinación 1, Caso 39

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.48 \text{ mm}$

$V: 9.38 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.48) 9.38}{0.44 (36 - 18.48) + 18.48}$$

$$\delta = 2.76 \text{ mm}$$

- Combinación 2, Caso 40

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.30 \text{ mm}$

$V: 6.37 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.30) 6.37}{0.44 (36 - 18.30) + 18.30}$$

$$\delta = 1.90 \text{ mm}$$

- Combinación 2, Caso 41

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.50 \text{ mm}$

$V: 7.40 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.50) 7.40}{0.44 (36 - 18.50) + 18.50}$$

$$\delta = 2.17 \text{ mm}$$

- Combinación 2, Caso 42

r : 0.44

W : 36 mm

a : 18.25 mm

V : 8.48mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.25) 8.48}{0.44 (36 - 18.25) + 18.25}$$

$$\delta = 2.54 \text{ mm}$$

- Combinación 3, Caso 43

r : 0.44

W : 36 mm

a : 19.17 mm

V : 9.56mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 19.17) 9.56}{0.44 (36 - 19.17) + 19.17}$$

$$\delta = 2.66 \text{ mm}$$

- Combinación 3, Caso 44

r : 0.44

W : 36 mm

$a: 19.32 \text{ mm}$

$V: 9.03 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 19.32) 9.03}{0.44 (36 - 19.32) + 19.32}$$

$$\delta = 2.48 \text{ mm}$$

- Combinación 3, Caso 45

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.76 \text{ mm}$

$V: 9.78 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.76) 9.78}{0.44 (36 - 18.76) + 18.76}$$

$$\delta = 2.82 \text{ mm}$$

- Combinación 4, Caso 46

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.49 \text{ mm}$

$V: 7.13 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.49) 7.13}{0.44 (36 - 18.49) + 18.49}$$

$$\delta = 2.10 \text{ mm}$$

- Combinación 4, Caso 47

$r: 0.44 \text{ mm}$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.39 \text{ mm}$

$V: 8.82 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{r (w - a)v}{r (w - a) + a}$$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.39)8.82}{0.44 (36 - 18.39) + 18.39}$$

$$\delta = 2.61 \text{ mm}$$

- Combinación 4, Caso 48

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.20 \text{ mm}$

$V: 7.95 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.20) 7.95}{0.44 (36 - 18.20) + 18.20}$$

$$\delta = 2.39 \text{ mm}$$

- Combinación 5, Caso 49

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 19.52 \text{ mm}$

$V: 8.47 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 19.52) 8.47}{0.44 (36 - 19.52) + 19.52}$$

$$\delta = 2.29 \text{ mm}$$

- Combinación 5, Caso 50

r : 0.44

W : 36 mm

a : 18.78 mm

V : 7.88 mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.78) 7.88}{0.44 (36 - 18.78) + 18.78}$$

$$\delta = 2,27 \text{ mm}$$

- Combinación 5, Caso 51

r : 0.44

W : 36 mm

a : 19.06 mm

V : 7.48 mm

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 19.06) 7.48}{0.44 (36 - 19.06) + 19.06}$$

$$\delta = 2.10 \text{ mm}$$

- Combinación 6, Caso 52

r : 0.44

W : 36 mm

$a: 18.09 \text{ mm}$

$V: 8.46 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.09) 8.46}{0.44 (36 - 18.09) + 18.09}$$

$$\delta = 2.57$$

- Combinación 6, Caso 53

$r: 0.44$

$W: 36 \text{ mm}$

$a: 18.26 \text{ mm}$

$V: 8.42 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.26) 8.42}{0.44 (36 - 18.26) + 18.26}$$

$$\delta = 2,52 \text{ mm}$$

- Combinación 6, Caso 54

$r: 0.44$

$w: 36 \text{ mm}$

$a: 18.29 \text{ mm}$

$v: 8.67 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{r (w - a)v}{r (w - a) + a}$$

$$\delta = \frac{0.44 (36 - 18.29)8.67}{0.44 (36 - 18.29) + 18.29}$$

$$\delta = 2.52$$

3.8 Cálculo del valor de la tenacidad a la fractura por flexión

Para el cálculo se emplea la ecuación del texto Mecánica de la Fractura de Luis Arana: [Anexo 12].

$$K_Q = \left(\frac{P_Q S}{B (W)^{3/2}} \right) * f(a/W)$$

Donde: B, es el espesor de la probeta [cm]

P_Q , es la carga determinada por la gráfica Carga vs. Alargamiento [kN]

W, es la altura de la probeta [cm]

S, es la distancia entre los apoyos de la probeta [cm]

Es así que, para el cálculo de la tenacidad a la fractura de cada caso, se procede calcular en cada ensayo particular, los valores requeridos para el cálculo se encuentran en la Tabla 3..

- Combinación 1, Caso 37

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

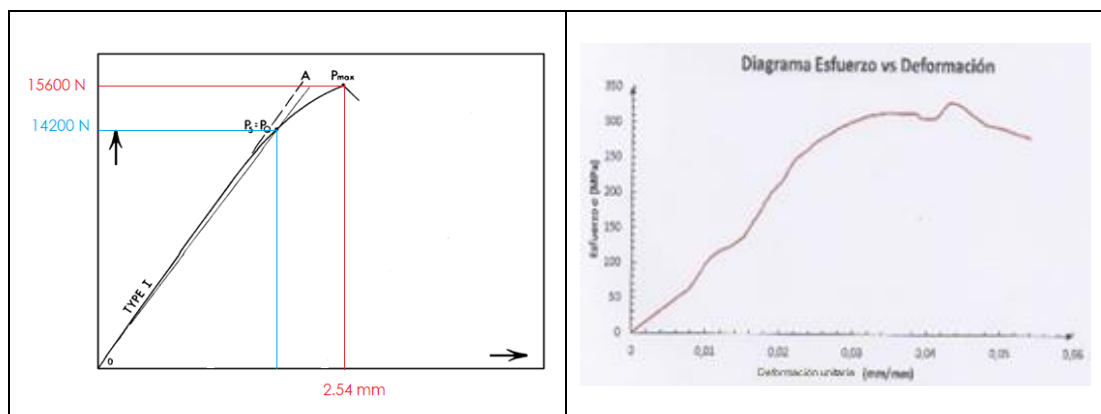


Figura 3.2 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs deformación (tracción), Caso 37

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{15600}{14200} = 1.10$$

Si cumple (el ensayo es válido).

Prosiguiendo con el cálculo, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma para la ecuación presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{20 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = 0.55$$

Tabla 3.6 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 37

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{14.2 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 3.14$$

$$K_Q = 52.20 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

$$K_{ic} = 52.20 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 1, Caso 38

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

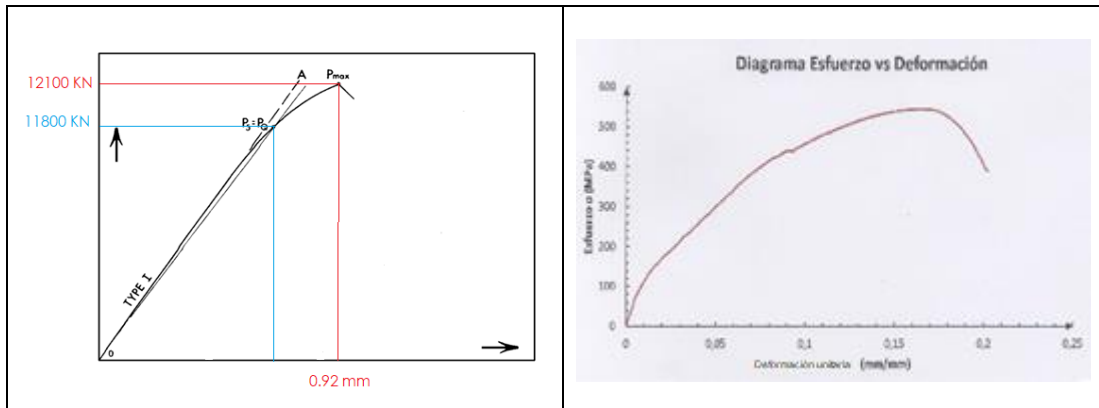


Figura 3.3 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 38

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{12100}{11800} = 1.02$$

Si cumple (el ensayo es valido).

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{19.5 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = 0.54$$

Tabla 3.7 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 38

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{11.8 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 3.04$$

$$K_Q = 42.01 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

$$K_{ic} = 42.01 MP_a \sqrt{m}$$

- Combinación 1, Caso 39

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

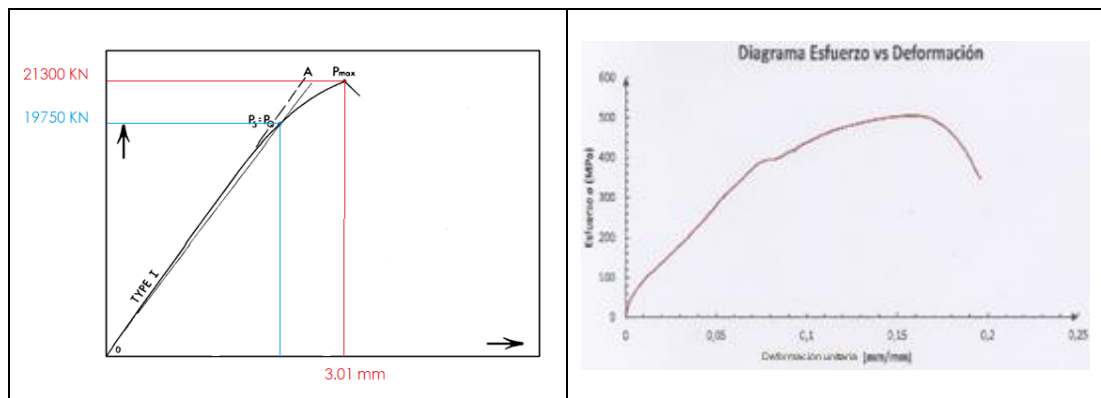


Figura 3.4 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 39

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{21300}{19750} = 1.08$$

Si cumple (el ensayo es válido).

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{19.8mm}{36mm} = 0.55$$

Tabla 3.8 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 39

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{19.75 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 3.14$$

$$K_Q = 72.63 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

$$K_{ic} = 72.63 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 2, Caso 40

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

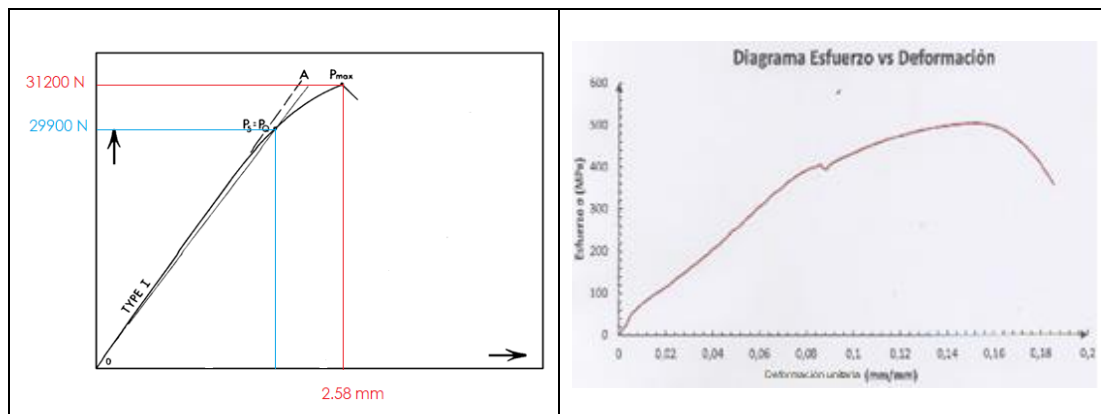


Figura 3.5 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 40

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{31200}{29900} = 1.04$$

Si cumple (el ensayo es valido).

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{18.5\text{mm}}{36\text{mm}} = 0.51$$

Tabla 3.9 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 40

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{29.9 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.75$$

$$K_Q = 96.30 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 40

$$K_{ic} = 96.30 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

Combinación 2, Caso 41

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

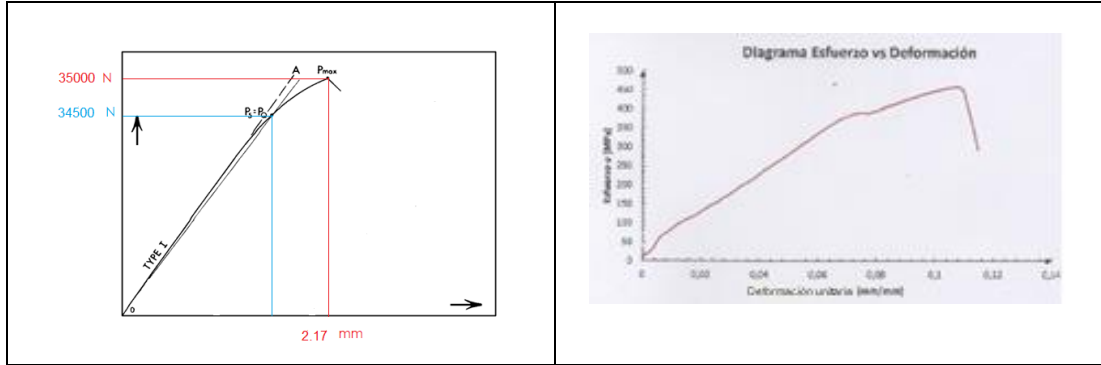


Figura 3.6 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 41

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{35000}{34500} = 1.01$$

Si cumple (el ensayo es válido).

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{18.5mm}{36mm} = 0.51$$

Tabla 3.10 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 41

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{34500 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.75$$

$$K_Q = 108.13 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 41

$$K_{ic} = 108.13 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Combinación 2, Caso 42

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

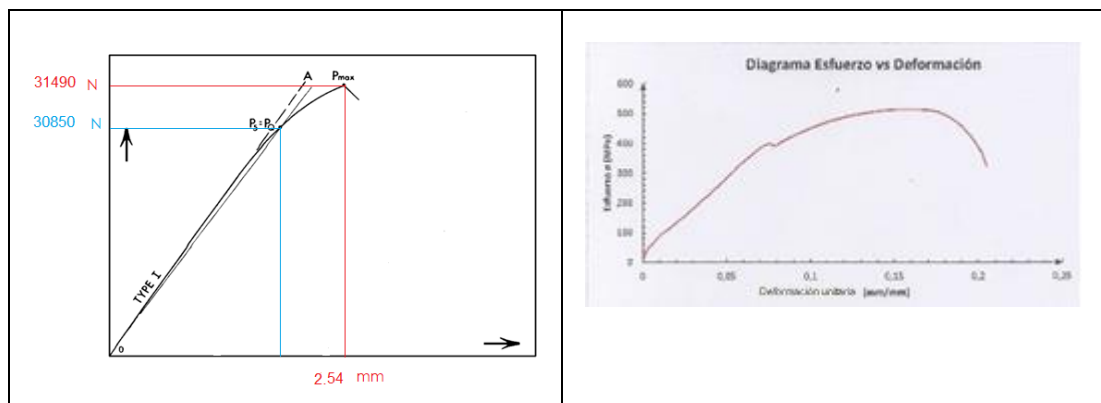


Figura 3.7 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 42

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{31490}{30850} = 1.02$$

Si cumple (el ensayo es válido).

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

$$\frac{a}{W} = \frac{18.25\text{mm}}{36\text{ mm}} = 0.51$$

Tabla 3.11 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 42

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{30.8 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.75$$

$$K_Q = 94.84 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 42

$$K_{ic} = 94.84 \text{ MP}_a \sqrt{\text{m}}$$

- Combinación 3, Caso 43

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

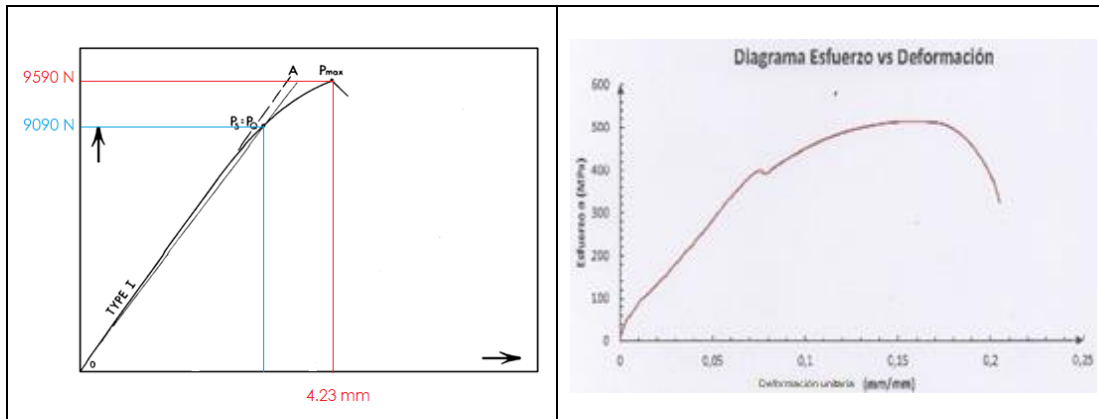


Figura 3.8 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 43

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{18590}{17700} = 1.05$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.8mm}{36 mm} = 0.52$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.12 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 43

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{17.7 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.84$$

$$K_Q = 58.87 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 43

$$K_{ic} = 58.87 MP_a \sqrt{m}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinaci3n 4, Caso 44

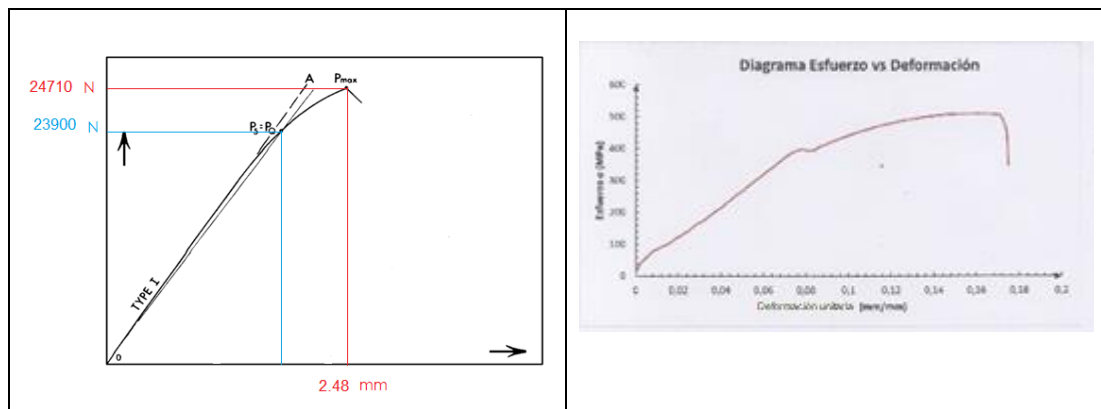


Figura 3.9 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexi3n) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformaci3n (tracci3n), Caso 44

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{24710}{23900} = 1.03$$

Si cumple (el ensayo es v3lido).

$$\frac{a}{W} = \frac{19.32mm}{36 mm} = 0.54$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.13 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 44

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{23.9 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 3.04$$

$$K_Q = 80.19 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 44

$$K_{ic} = 80.19 MP_a \sqrt{m}$$

Combinación 2, Caso 45

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

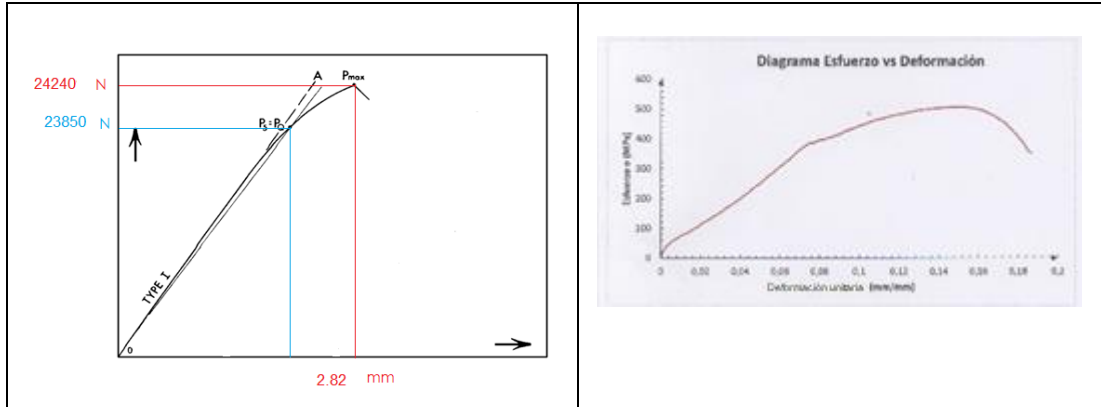


Figura 3.10 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 45

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{24240}{23850} = 1.01$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.76mm}{36 mm} = 0.52$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.14 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 45

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{23.8 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.84$$

$$K_Q = 73.31 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 45

$$K_{ic} = 73.31 MP_a \sqrt{m}$$

- Combinación 4, Caso 46.

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

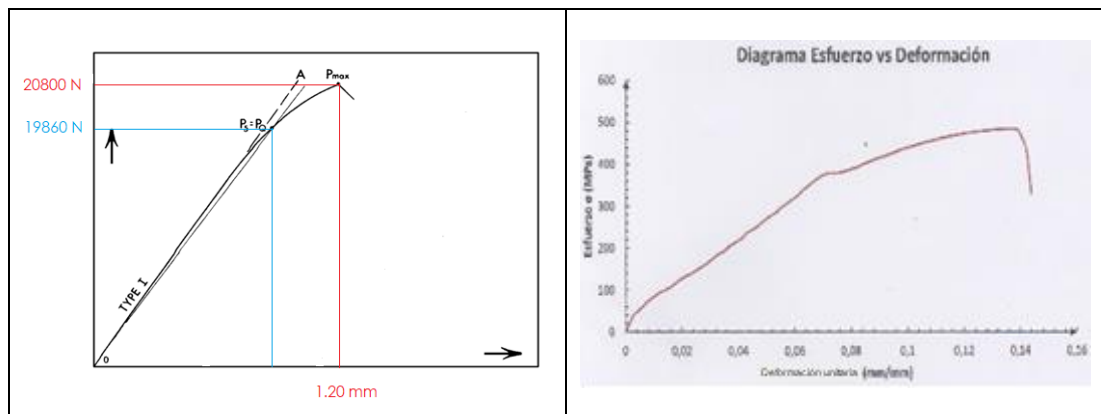


Figura 3.11 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 46

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{20800}{19860} = 1.04$$

Si cumple (el ensayo es válido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.49mm}{36 mm} = 0.510$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.15 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 46

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{19.86 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.75$$

$$K_Q = 62.80 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 46

$$K_{ic} = 62.80 MP_a \sqrt{m}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinación 4, Caso 47

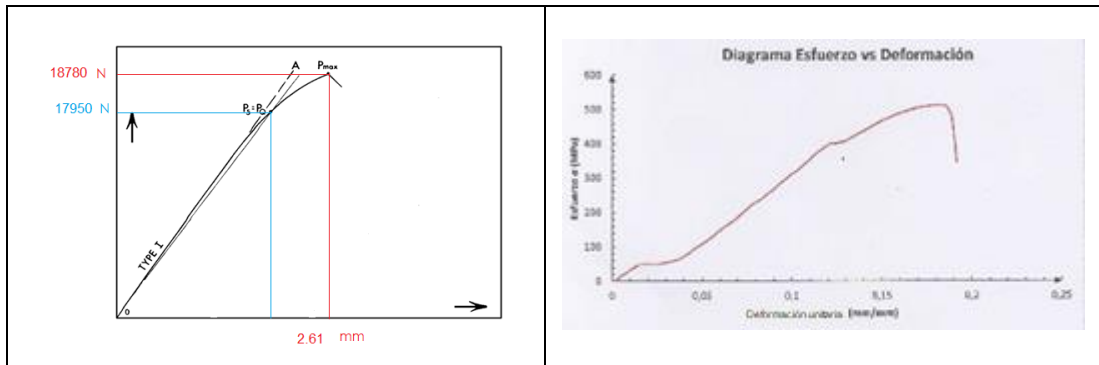


Figura 3.12 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 47

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{18780}{17950} = 1.04$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.39mm}{36 mm} = 0.510$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.16 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 47

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{17.9 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.75$$

$$K_Q = 58.62 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 47

$$K_{ic} = 58.62 MP_a \sqrt{m}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinaci3n 4, Caso 48

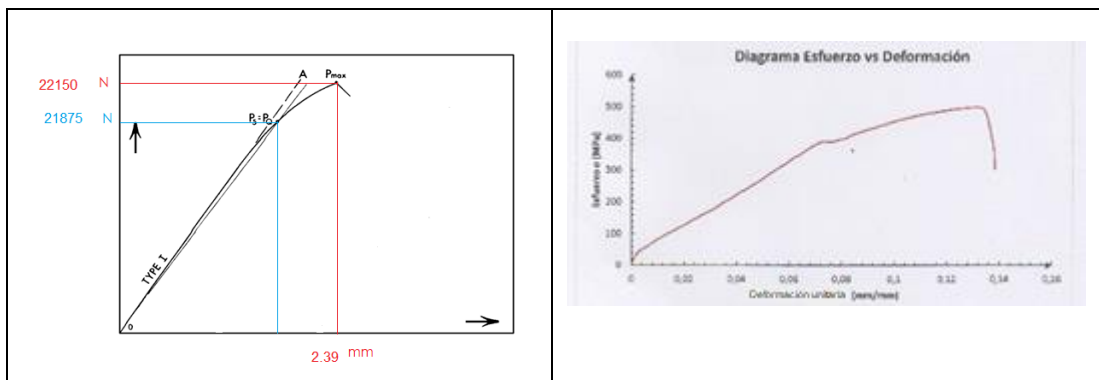


Figura 3.13 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexi3n) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformaci3n (tracci3n), Caso 48

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{22150}{21875} = 1.04$$

Si cumple (el ensayo es v\acute{a}lido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.2mm}{36 mm} = 0.505$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.17 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 48

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{21.8 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.70$$

$$K_Q = 66.72 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 48

$$K_{ic} = 66.72 MP_a \sqrt{m}$$

- Combinación 5, Caso 49.

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

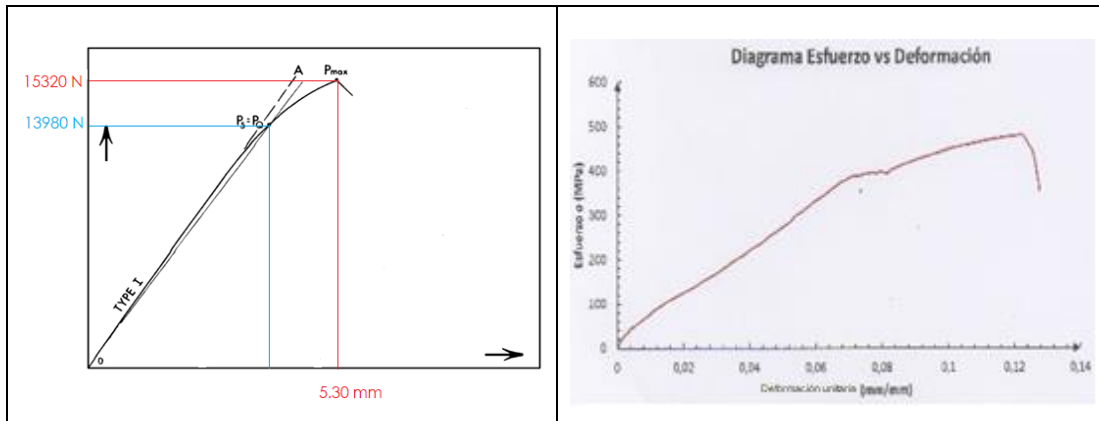


Figura 3.14 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 49

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{19320}{18500} = 1.04$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{19.52mm}{36 mm} = 0.54$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.18 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 49

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{18.5 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 3.04$$

$$K_Q = 59.59 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 49

$$K_{ic} = 59.59 MP_a \sqrt{m}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinaci3n 5, Caso 50

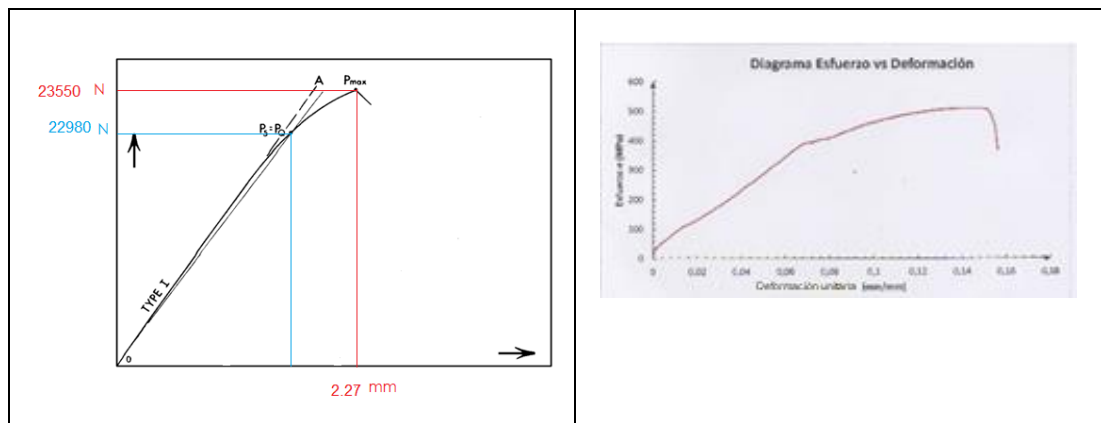


Figura 3.15 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 50

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{23550}{22980} = 1.02$$

Si cumple (el ensayo es v\acute{a}lido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.78mm}{36 mm} = 0.52$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.19 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 50

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{22.9 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.84$$

$$K_Q = 73.18 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 50

$$K_{ic} = 73.18 MP_a \sqrt{m}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinación 5, Caso 51

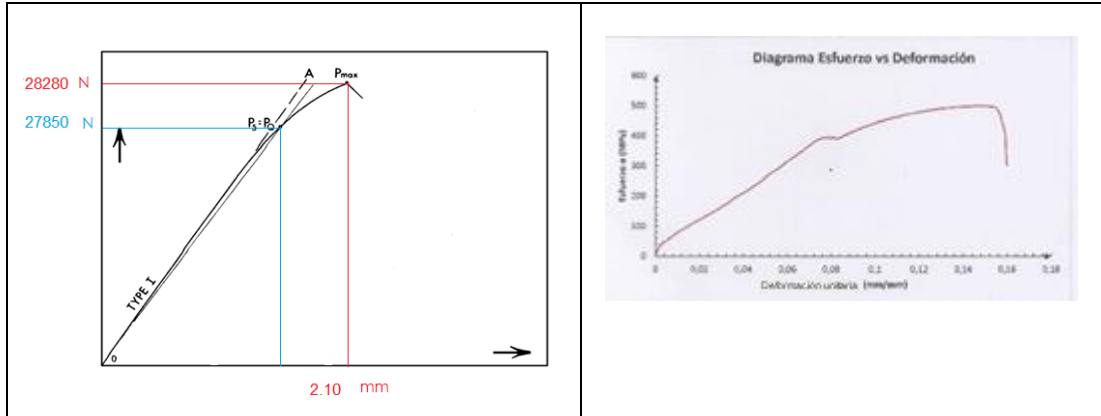


Figura 3.16 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) Vs Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 51

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{28280}{27850} = 1.02$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{19.06mm}{36 mm} = 0.530$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.20 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 51

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

Con los valores, se reemplaza y obtiene:

$$K_Q = \left(\frac{27.8 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.94$$

$$K_Q = 88.84 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

$$K_{ic} = 88.84 MP_a \sqrt{m}$$

- Combinación 6, Caso 52.

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

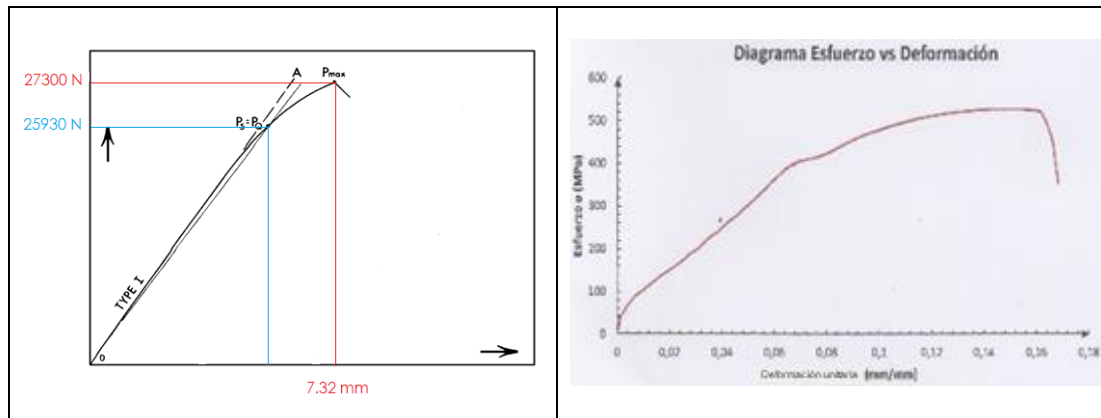


Figura 3.17 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 52

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{27300}{25930} = 1.05$$

Si cumple (el ensayo es válido).

$$\frac{a}{W} = \frac{19 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = 0.53$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.21 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 52

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

$$K_Q = \left(\frac{25.93 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.94$$

$$K_Q = 89.29 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 52

$$K_{ic} = 89.29 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinación 6, Caso 53

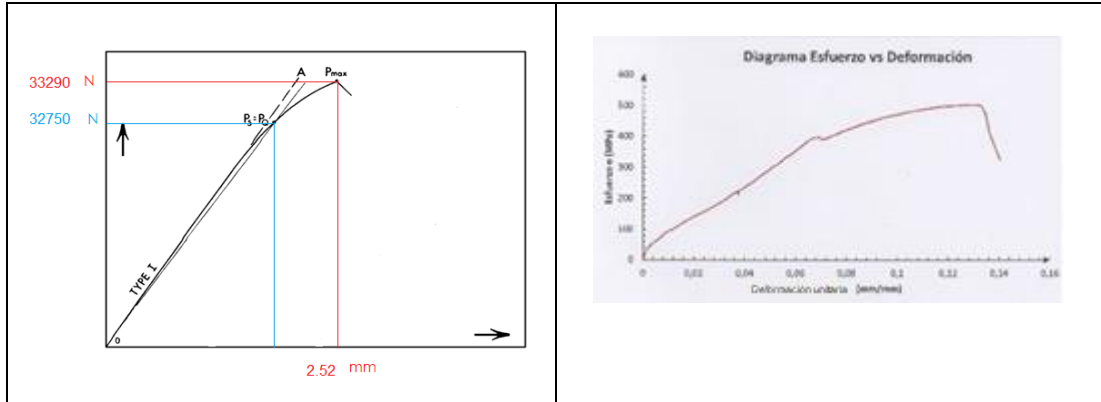


Figura 3.18 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexión) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformación (tracción), Caso 53

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{32290}{32750} = 1.02$$

Si cumple (el ensayo es valido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.26 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = 0.505$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relaci3n a/W , para hallar la funci3n de la misma, para la ecuaci3n presentada.

Tabla 3.22 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 53

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

$$K_Q = \left(\frac{32.7 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.70$$

$$K_Q = 98.35 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 53

$$K_{ic} = 98.35 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Partimos de la imagen mostrada, en la que obtenemos el valor P_Q y $P_{m\acute{a}x}$.

Combinaci3n 6, Caso 54

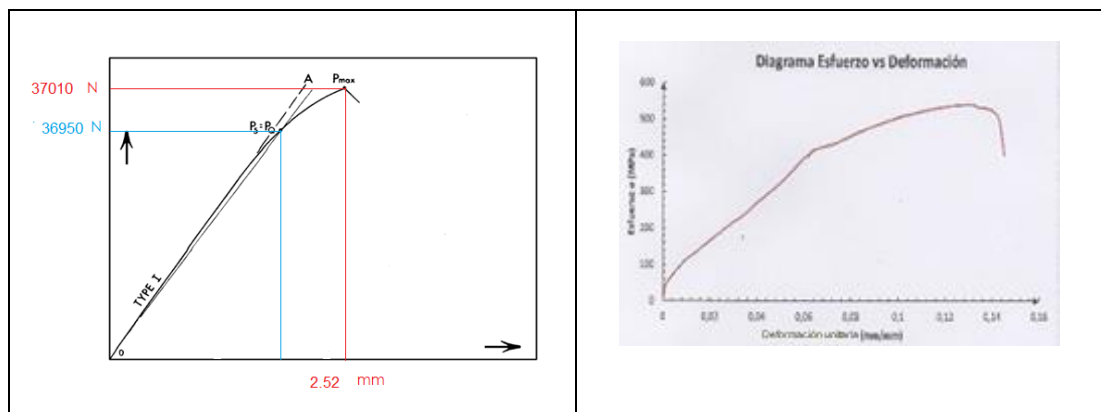


Figura 3.19 Gráfica estimada Carga Vs Desplazamiento (flexi3n) y Diagrama Esfuerzo Vs Deformaci3n (tracci3n), Caso 54

Fuente: Autor

$$\frac{P_{m\acute{a}x}}{P_Q} \leq 1.10$$

$$\frac{37010}{36950} = 1.00$$

Si cumple (el ensayo es v\acute{a}lido).

$$\frac{a}{W} = \frac{18.29 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = 0.505$$

Prosiguiendo con el proceso, se calcula la relación a/W , para hallar la función de la misma, para la ecuación presentada.

Tabla 3.23 Relaciones entre a/W y $f(a/W)$, Caso 54

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	2.29	0.500	2.66
0.455	2.32	0.505	2.70
0.460	2.35	0.510	2.75
0.465	2.39	0.515	2.79
0.470	2.43	0.520	2.84
0.475	2.46	0.525	2.89
0.480	2.50	0.530	2.94
0.485	2.54	0.535	2.99
0.490	2.58	0.540	3.04
0.495	2.62	0.545	3.09
		0.550	3.14

Fuente: [ASTM E 399-90]

$$K_Q = \left(\frac{36.9 * 14.4}{1.8 (3.6)^{3/2}} \right) * 2.70$$

$$K_Q = 109.67 MP_a \sqrt{m}$$

Podemos decir que $K_Q = K_{ic}$

Caso 54

$$K_{ic} = 109.67 MP_a \sqrt{m}$$

3.9 Análisis estadístico de las propiedades mecánicas

3.9.1 Matriz de diseño factorial propiedades y deseabilidad

Tabla 3.24 Resumen de diseño factorial.

Resumen del diseño			
Factores	2	Réplicas	3
Corridas base	6	Total de corridas	18
Bloques base	1	Total de bloques	1

Fuente: Propia.

Tabla 3.25 Matriz de diseño factorial, propiedades mecánicas.

	Orden Est	Orden Corrida	Tip o Pt	Blo que s	Aport e	Ju ta	Esfuerz o Tracció n [MPa]	Energí a Impact o [J]	Kic Impacto [$MP_a \sqrt{m}$]	CTO D [mm]	Kic Flexión [$MP_a \sqrt{m}$]	Energ.Imp. Tr	Kic Imp. Tr	Kic.Te nsió n [$MP_a \sqrt{m}$]
1	7	1	1	1	E-6010	X	512.00	235.40	227.39	2.34	52.20	1778464449	6,07935E+11	209.63

2	13	4	1	1	E-6010	X	546.00	295.40	255.11	1.98	42.01	431122724 2	1,08053E+1 2	241.08
3	1	18	1	1	E-6010	X	505.80	250.40	234.63	2.76	72.63	226294430 7	7,11079E+1 1	211.01
4	8	5	1	1	E-6010	V	484.60	275.40	246.22	1.90	96.30	327989053 9	9,04933E+1 1	209.88
5	14	12	1	1	E-6010	V	504.40	295.40	255.11	2.17	108.13	431122724 2	1,08053E+1 2	222.83
6	2	16	1	1	E-6010	V	458.80	270.40	243.94	2.54	94.84	305369797 0	8,63804E+1 1	191.27
7	15	2	1	1	E-6011	X	514.80	240.40	229.83	2.66	58.87	193038710 1	6,41259E+1 1	220.75
8	3	6	1	1	E-6011	X	509.90	290.40	252.91	2.48	80.19	403354388 9	1,03474E+1 2	216.69
9	9	8	1	1	E-6011	X	508.50	205.40	212.18	2.82	73.31	104506117 4	4,30053E+1 1	220.28
10	4	3	1	1	E-6011	V	485.50	295.40	255.11	2.10	62.80	431122724 2	1,08053E+1 2	210.46

1 1	10	11	1	1	E- 6011	V	512.10	280.40	248.47	2.61	58.62	351831108 2	9,47043E+1 1	215.50
1 2	16	13	1	1	E- 6011	V	499.90	285.40	250.70	2.39	66.72	376938482 9	9,90311E+1 1	220.77
1 3	5	9	1	1	E- 7018	X	481.40	275.40	246.22	2.29	59.59	327989053 9	9,04933E+1 1	208.44
1 4	17	10	1	1	E- 7018	X	511.20	285.40	250.70	2.27	73.18	376938482 9	9,90311E+1 1	217.25
1 5	11	15	1	1	E- 7018	X	500.80	290.40	252.91	2.10	88.84	403354388 9	1,03474E+1 2	218.92
1 6	18	7	1	1	E- 7018	V	528.80	230.40	224.93	2.57	89.29	163561713 5	5,75754E+1 1	226.76
1 7	12	14	1	1	E- 7018	V	504.00	225.40	222.44	2.52	98.35	150148243 4	5,44583E+1 1	212.14
1 8	6	17	1	1	E- 7018	V	541.00	275.40	246.22	2.52	109.67	327989053 9	9,04933E+1 1	234.42

Fuente: Propia.

Tabla 3.26 Matriz de diseño factorial, deseabilidad.

	DESEA	DESEA-1	DESEA-2	DESEA-3	DESEA-4	DESEA-G1	DESEA-G2	DESEA-5	DESEA-6	DESEA-7	DESEA-8
1	0,716361	0,651885	0,653058	0,500000	0,201054	0,498090	0,611104	0,547794	0,588271	0,512097	0,649813
2	0,716361	0,651885	0,653058	0,500000	0,201054	0,498090	0,611104	0,547794	0,588271	0,512097	0,649813
3	0,716361	0,651885	0,653058	0,500000	0,201054	0,498090	0,611104	0,547794	0,588271	0,512097	0,649813
4	0,272936	0,840115	0,848642	0,670290	0,853483	0,644638	0,790903	0,708967	0,335779	0,578237	0,733739
5	0,272936	0,840115	0,848642	0,670290	0,853483	0,644638	0,790903	0,708967	0,335779	0,578237	0,733739
6	0,272936	0,840115	0,848642	0,670290	0,853483	0,644638	0,790903	0,708967	0,335779	0,578237	0,733739
7	0,599388	0,522861	0,508942	0,181159	0,425362	0,414874	0,509007	0,456275	0,561527	0,436341	0,553683
8	0,599388	0,522861	0,508942	0,181159	0,425362	0,414874	0,509007	0,456275	0,561527	0,436341	0,553683
9	0,599388	0,522861	0,508942	0,181159	0,425362	0,414874	0,509007	0,456275	0,561527	0,436341	0,553683
10	0,462920	0,909599	0,915617	0,492754	0,305991	0,566085	0,694525	0,622575	0,488036	0,552260	0,700775
11	0,462920	0,909599	0,915617	0,492754	0,305991	0,566085	0,694525	0,622575	0,488036	0,552260	0,700775
12	0,462920	0,909599	0,915617	0,492754	0,305991	0,566085	0,694525	0,622575	0,488036	0,552260	0,700775

13	0,447248	0,872565	0,881086	0,652174	0,470884	0,637864	0,782592	0,701517	0,473829	0,607031	0,770276
14	0,447248	0,872565	0,881086	0,652174	0,470884	0,637864	0,782592	0,701517	0,473829	0,607031	0,770276
15	0,447248	0,872565	0,881086	0,652174	0,470884	0,637864	0,782592	0,701517	0,473829	0,607031	0,770276
16	0,754587	0,460104	0,466467	0,307971	0,843827	0,530676	0,651084	0,583633	0,665923	0,551140	0,699355
17	0,754587	0,460104	0,466467	0,307971	0,843827	0,530676	0,651084	0,583633	0,665923	0,551140	0,699355
18	0,754587	0,460104	0,466467	0,307971	0,843827	0,530676	0,651084	0,583633	0,665923	0,551140	0,699355

Fuente: Propia.

3.9.2 Tabulación de datos de las propiedades mecánicas

De acuerdo a los factores y niveles del diseño de experimentos a emplear, se genera la Tabla 3.27, en la que se dispone los valores a analizar de las propiedades mecánicas, tomando en consideración los datos adjuntos en el Anexo 1 y Anexo 5.

Tabla 3.27 Matriz de diseño para el análisis

Comb.	Tracción		Impacto		Flexión	
	Esfuerzo máximo [MPa]	Tenacidad a la fractura [MPa. \sqrt{m}]	Energía de impacto [J]	Tenacidad a la fractura [MPa. \sqrt{m}]	CTOD [mm]	Tenacidad a la fractura [MPa. \sqrt{m}]
1	512,00	209,630	235,40	227,39	2,34	52,20
1	546,00	241,085	295,40	255,11	1,98	42,01
1	505,80	211,010	250,40	234,63	2,76	72,63
2	484,60	209,888	275,40	246,22	1,90	96,30
2	504,40	222,834	295,40	255,11	2,17	108,13
2	458,80	191,272	270,40	243,94	2,54	94,84
3	514,80	220,757	240,40	229,83	2,66	58,87
3	509,90	216,691	290,40	252,91	2,48	80,19
3	508,50	220,281	205,40	212,18	2,82	73,31
4	485,50	210,465	295,40	255,11	2,10	62,80
4	512,10	215,508	280,40	248,47	2,61	58,62
4	499,90	220,773	285,40	250,70	2,39	66,72

5	481,40	208,444	275,40	246,22	2,29	59,59
5	511,20	217,258	285,40	250,70	2,27	73,18
5	500,80	218,921	290,40	252,91	2,10	88,84
6	528,80	226,762	230,40	224,93	2,57	89,29
6	504,00	212,141	225,40	222,44	2,52	98,35
6	541,00	234,427	275,40	246,22	2,52	109,67

Fuente: Propia

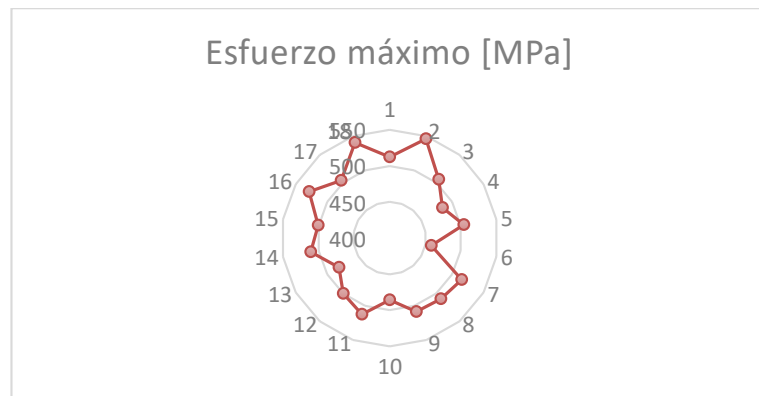


Figura 3.20 Diagrama de araña para ensayo de tracción, esfuerzo máximo

Fuente: Propia

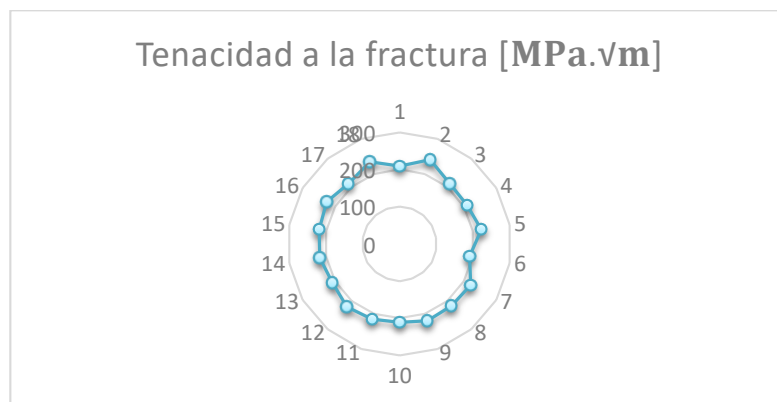


Figura 3.21 Diagrama de araña para ensayo de tracción, tenacidad a la fractura

Fuente: Propia

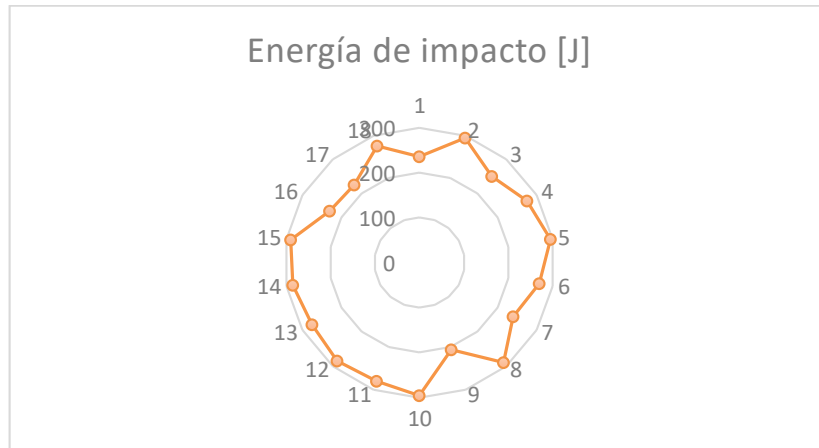


Figura 3.22 Diagrama de araña para ensayo de impacto, energía de impacto

Fuente: Propia

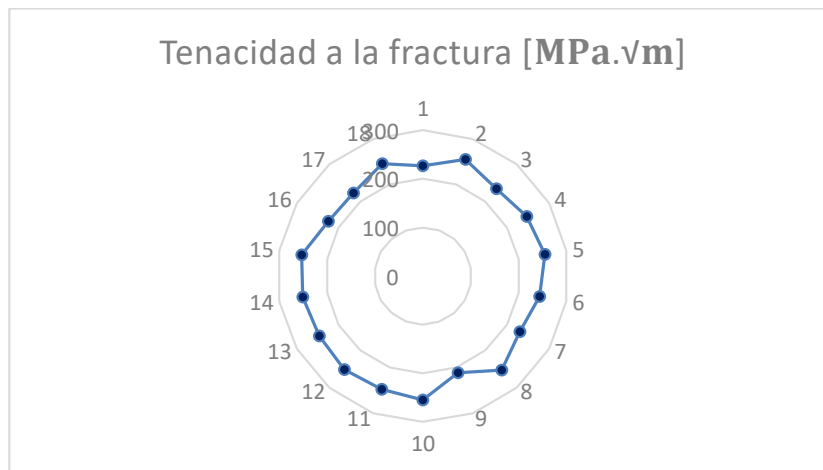


Figura 3.23 Diagrama de araña para ensayo de impacto, tenacidad a la fractura

Fuente: Propia

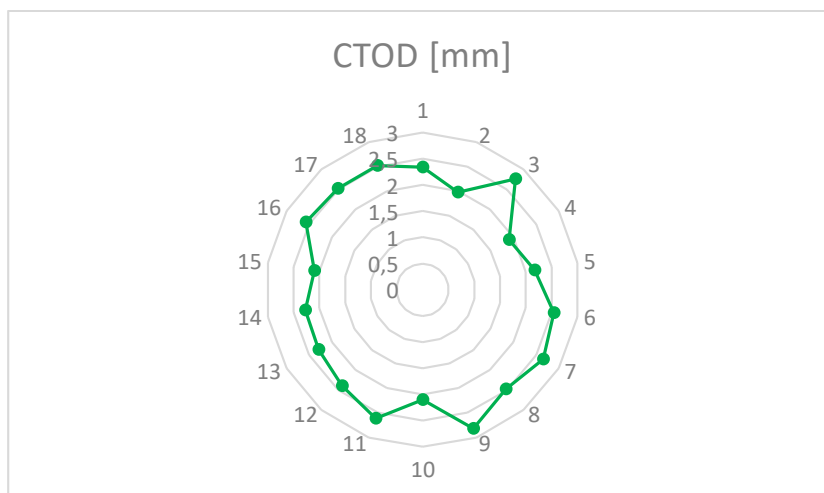


Figura 3.24 Diagrama de araña para ensayo de flexión, CTOD

Fuente: Propia

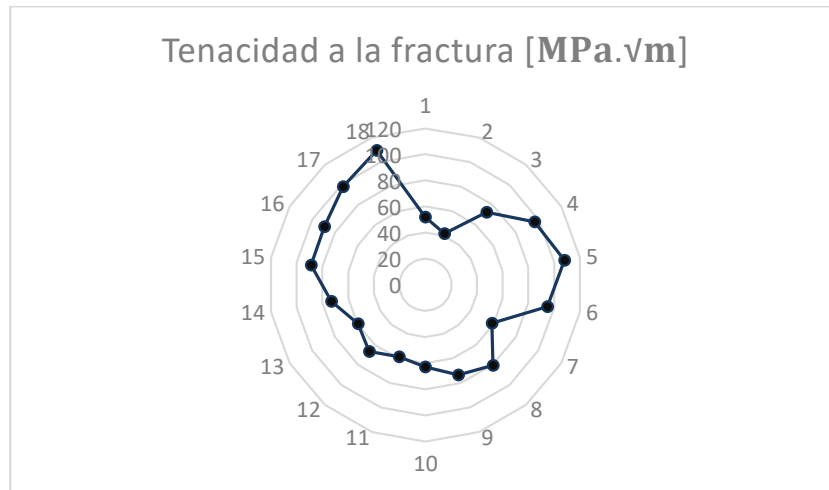


Figura 3.25 Diagrama de araña para ensayo de flexión, tenacidad a la fractura

Fuente: Propia

3.9.3 Análisis de la resistencia a la tracción

3.9.3.1 Verificación de supuestos

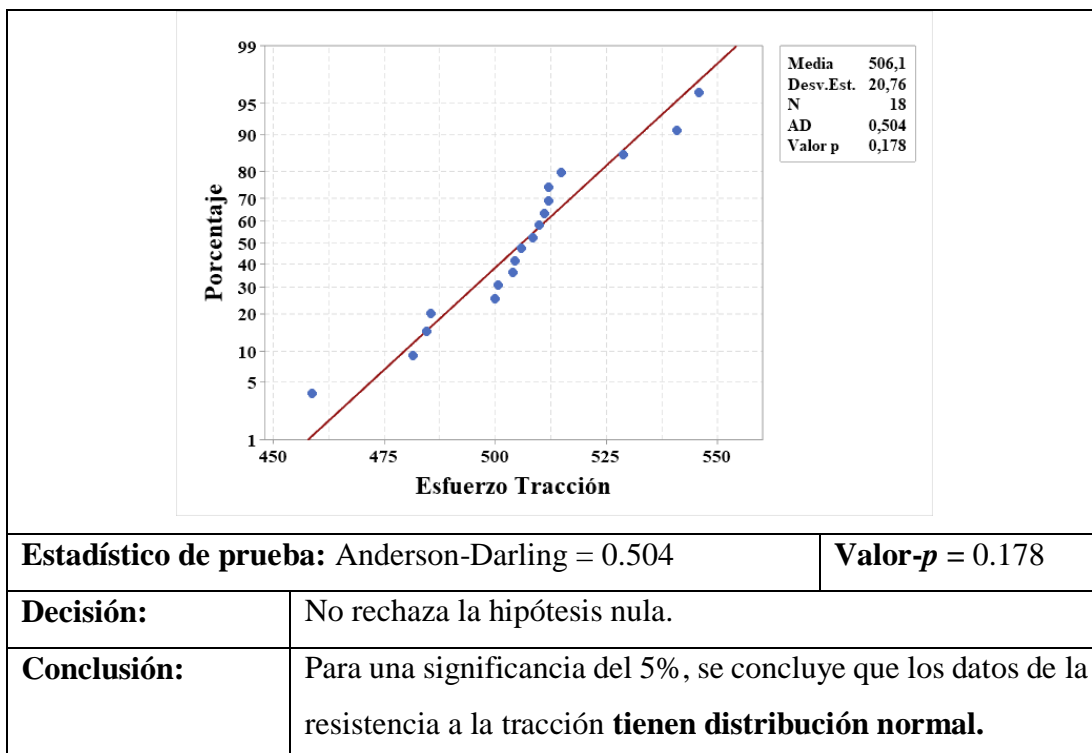
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que, con la previa aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianzas entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.28, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.28 Verificación del supuesto de normalidad de la resistencia a la tracción.

Hipótesis:	H_0: La resistencia a la tracción tiene distribución normal.		
	H_1: La resistencia a la tracción no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



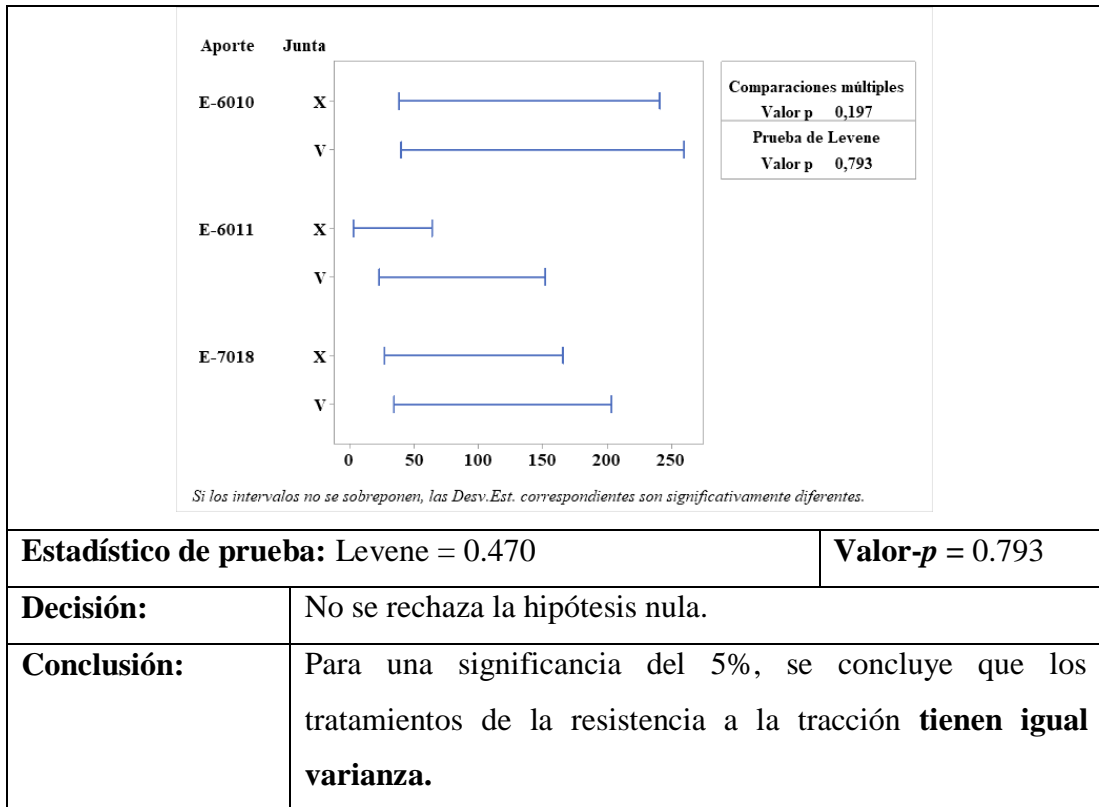
Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.29, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.29 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la resistencia a la tracción.

Hipótesis:	H_0 : Los tratamientos de la resistencia a la tracción tienen igual varianza.		
	H_1 : Los tratamientos de la resistencia a la tracción no tienen igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos de la resistencia a la tracción, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.26, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

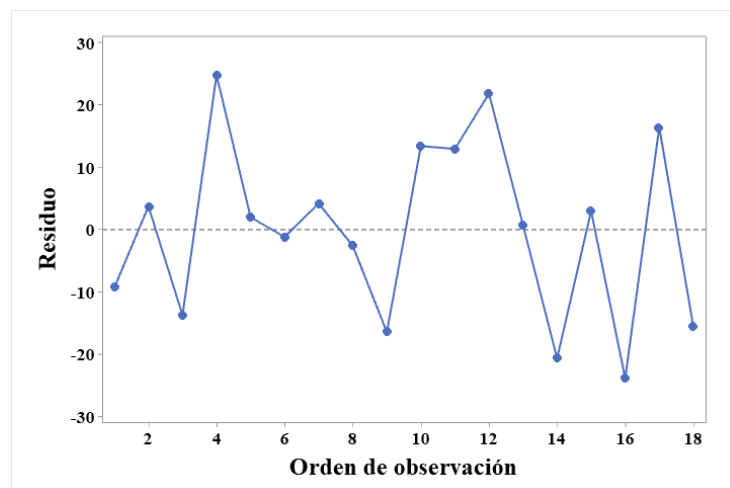


Figura 3.26 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la resistencia a la tracción.

Fuente: Autor

3.9.3.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.30 ANOVA de la resistencia a la tracción.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	3798,46	759,69	2,58	0,083
Material aporte	2	266,02	133,01	0,45	0,646
Tipo de junta	1	282,43	282,43	0,96	0,346
Aporte * Junta	2	3250,01	1625,01	5,53	0,020
Error	12	3527,46	293,95		
Total	17	7325,92			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.30, se puede entender que los efectos de los factores material de aporte y tipo de junta, no son significativos en la variación de la resistencia a la tracción; además el modelo indica que no existe cambio en las medias de la resistencia a la tracción.

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 51.85 %.

Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.27.

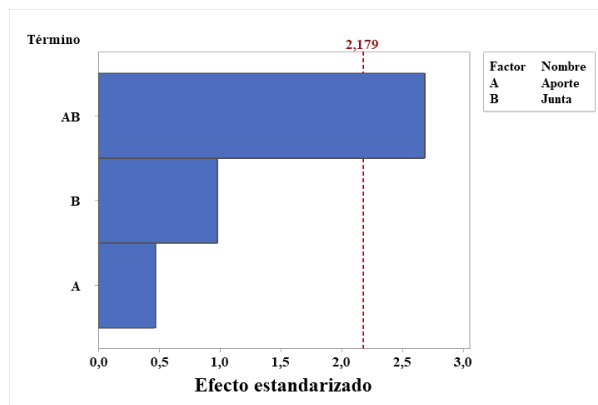


Figura 3.27 Diagrama de Pareto resistencia a la tracción

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia de la interacción entre el Material de aporte y el tipo de junta.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.28.

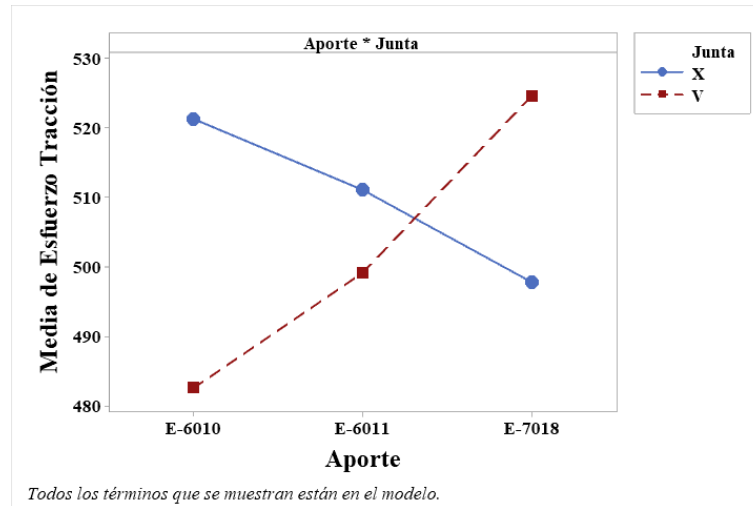


Figura 3.28 Gráfica de interacción para la resistencia a la tracción

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia el comportamiento de la resistencia a la tracción de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, la resistencia a la tracción varía significativamente.

3.9.3.3 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.31.

Tabla 3.31 Deseabilidad de la resistencia a la tracción

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,7164
Combinación 2	E- 6010	V	0,2729

Combinación 3	E- 6011	X	0,5994
Combinación 4	E- 6011	V	0,4629
Combinación 5	E- 7018	X	0,4472
Combinación 6	E- 7018	V	0,7546

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 7018 y el tipo de junto V, en la que la resistencia a la tracción es de 524,60 MPa.

3.9.4 Análisis de la tenacidad a la fractura por tensión

3.9.4.1 Verificación de supuestos

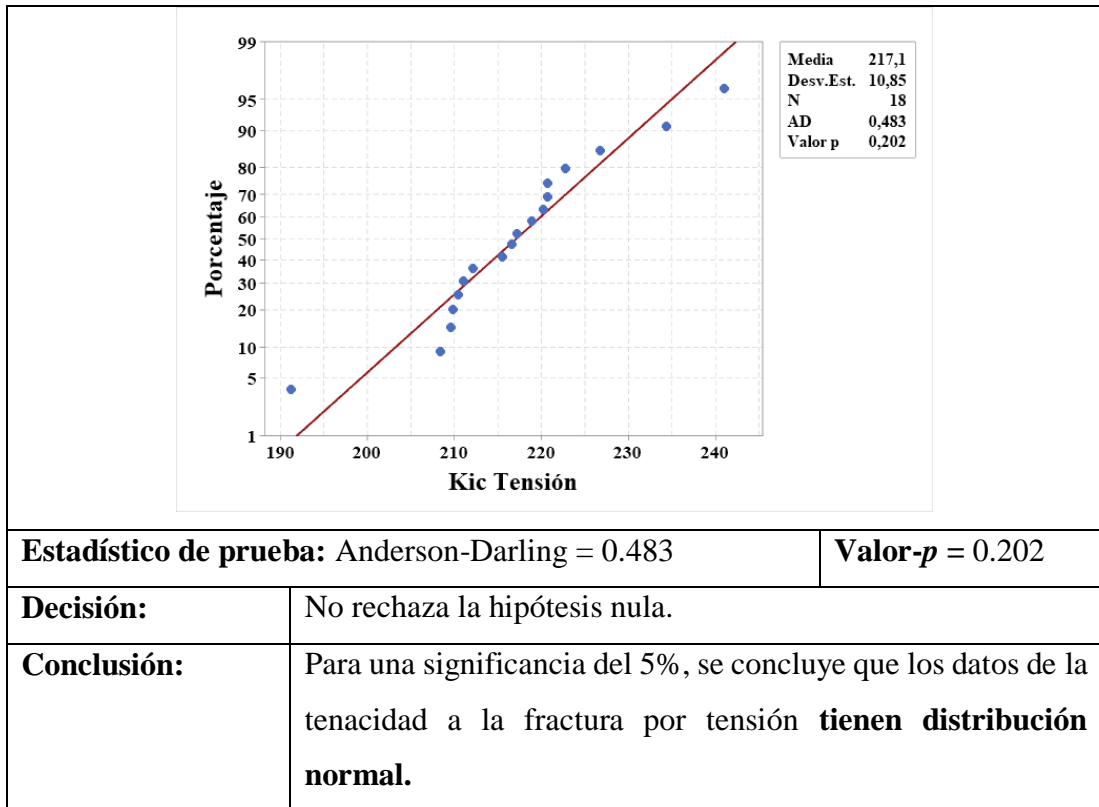
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que se previa aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianza entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.32, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.32 Verificación del supuesto de normalidad de la tenacidad a la fractura por tensión.

Hipótesis:	H_0 : La resistencia a la tenacidad a la fractura por tensión.		
	H_1 : La resistencia a la tracción no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Estadístico de prueba: Anderson-Darling = 0.483 **Valor-p** = 0.202

Decisión:	No rechaza la hipótesis nula.
Conclusión:	Para una significancia del 5%, se concluye que los datos de la tenacidad a la fractura por tensión tienen distribución normal.

Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.33, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.33 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por tensión.

Hipótesis:	H₀: Los tratamientos de la tenacidad a la fractura por tensión tienen igual varianza.		
	H₁: Los tratamientos de la tenacidad a la fractura por tensión no tienen igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$

Aporte		Junta
E-6010	X	
	V	
E-6011	X	
	V	
E-7018	X	
	V	

Comparaciones múltiples
 Valor p 0,116

Prueba de Levene
 Valor p 0,706

Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.

Estadístico de prueba: Levene = 0.590	Valor-p = 0.706
Decisión:	No se rechaza la hipótesis nula.
Conclusión:	Para una significancia del 5%, se concluye que los tratamientos de la tenacidad a la fractura por tensión tienen igual varianza.

Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos de la tenacidad a la fractura por tensión, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.11, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

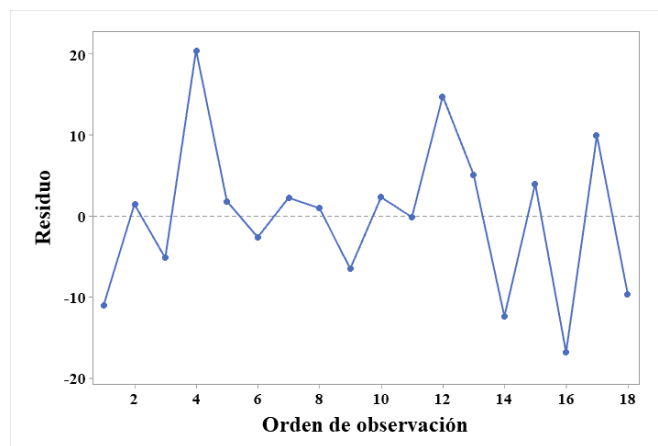


Figura 3.29 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por tensión.

Fuente: Autor

3.9.4.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.34 ANOVA de la tenacidad a la fractura por tensión.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	482,09	96,42	0,76	0,594
Material aporte	2	87,36	43,68	0,35	0,715
Tipo de junta	1	22,24	22,24	0,18	0,682
Aporte * Junta	2	372,49	186,24	1,47	0,268
Error	12	1518,20	126,52		
Total	17	2000,30			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.34, se puede entender que los efectos de los factores material de aporte, tipo de junta y la interacción entre estos dos factores; no son significativos en la variación de la tenacidad a la fractura por tensión; además el modelo indica que no existe cambio en las medias de la tenacidad a la fractura por tensión.

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 24,10 %. Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.30.

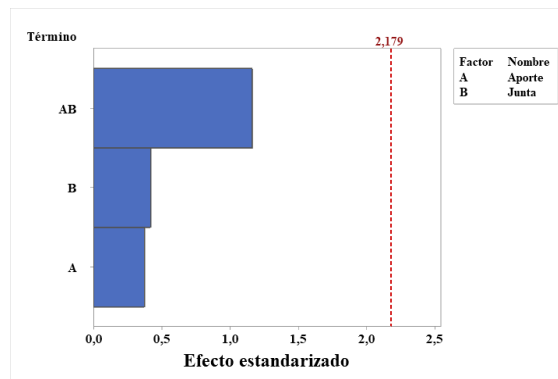


Figura 3.30 Diagrama de Pareto tenacidad a la fractura por tensión.

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia de la interacción entre el Material de aporte y el tipo de junta.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.31.

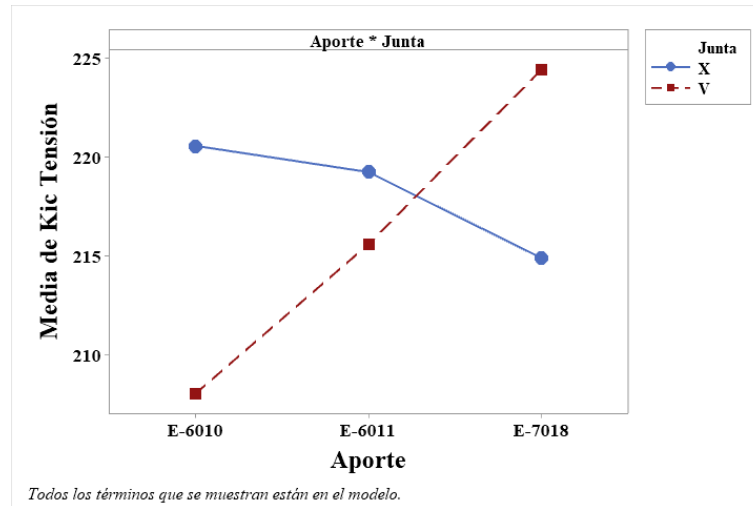


Figura 3.31 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por tensión.

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia ligeramente el comportamiento de la tenacidad a la fractura por tensión de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, la tenacidad a la fractura por tensión varía apreciablemente, sin embargo, no es un cambio estadísticamente significativo.

3.9.4.3 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.35.

Tabla 3.35 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por tensión.

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,5883

Combinación 2	E- 6010	V	0,3358
Combinación 3	E- 6011	X	0,5615
Combinación 4	E- 6011	V	0,4880
Combinación 5	E- 7018	X	0,4738
Combinación 6	E- 7018	V	0,6659

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 7018 y el tipo de junto V, en la que la tenacidad a la fractura por tensión es de 224,443 $MPa \sqrt{m}$.

3.9.5 Análisis de la energía de impacto

3.9.5.1 Verificación de supuestos

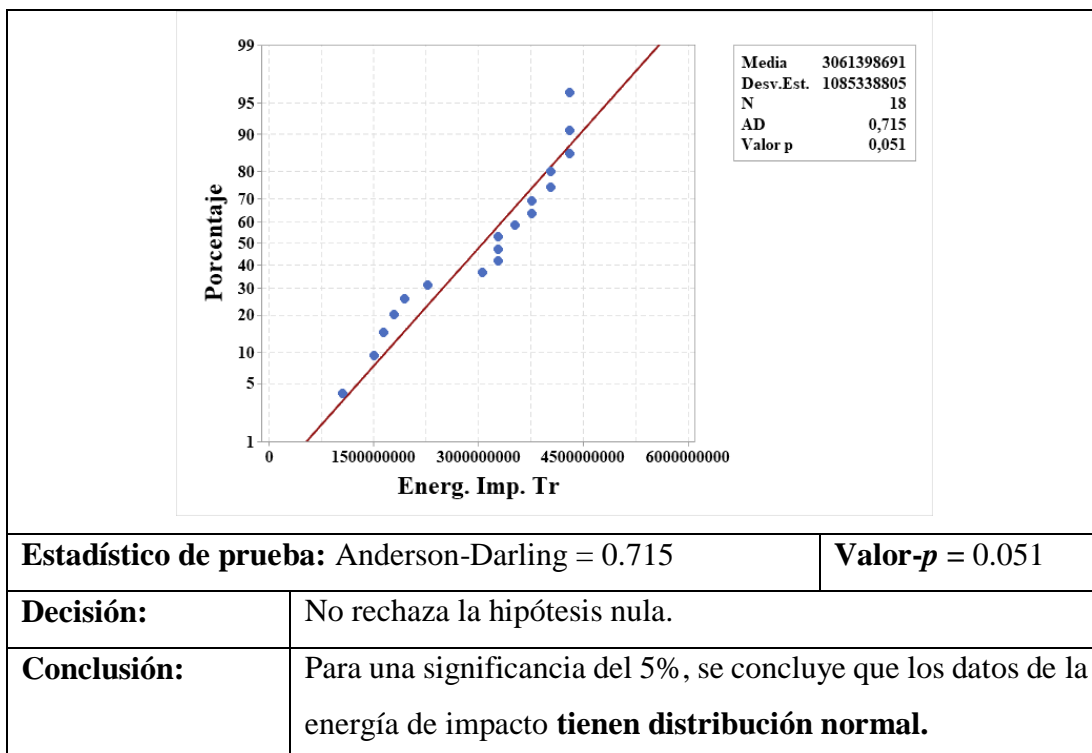
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que se antes a la aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianza entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.36, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación, cabe recalcar que los datos originales no cumplían con el supuesto de normalidad, por lo que se requirió empelar una transformación de Box-Cox, con un parámetro de transformación de 3,9.

Tabla 3.36 Verificación del supuesto de normalidad de la energía de impacto.

Hipótesis:	H_0: La energía de impacto tiene distribución normal.		
	H_1: La energía de impacto no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



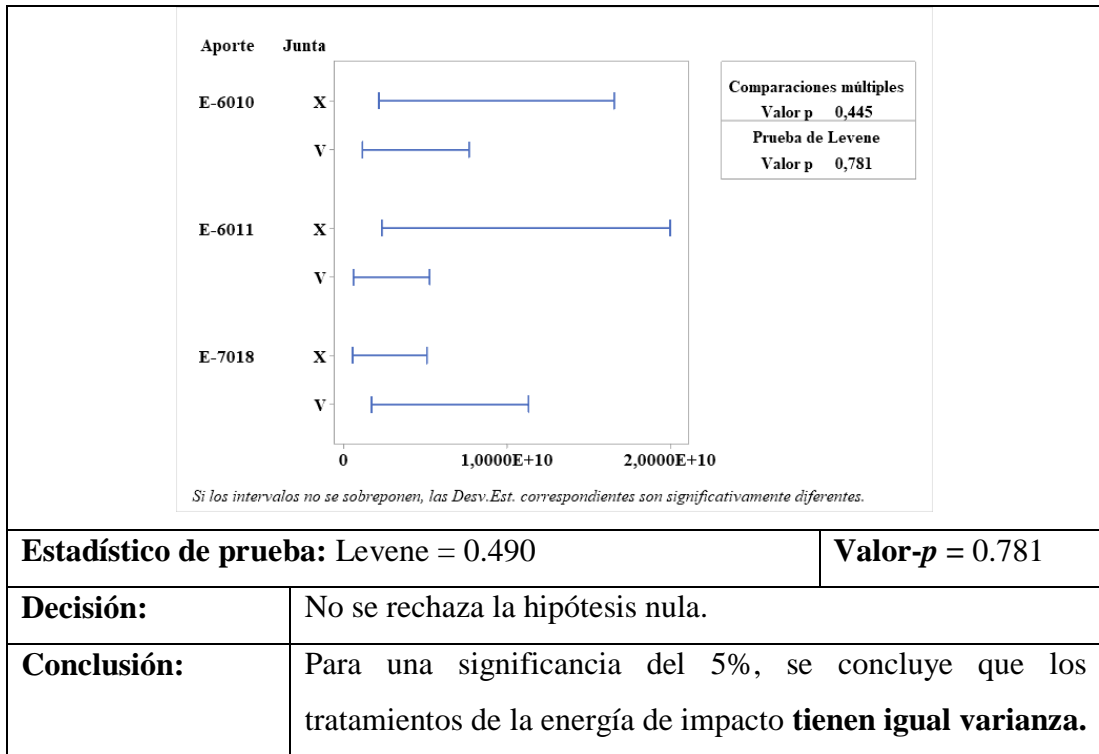
Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.37, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.37 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la energía de impacto.

Hipótesis:	H_0 : Los tratamientos de la energía de impacto tienen igual varianza.		
	H_1 : Los tratamientos de la energía de impacto no tienen igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos de la energía de impacto, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.14, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

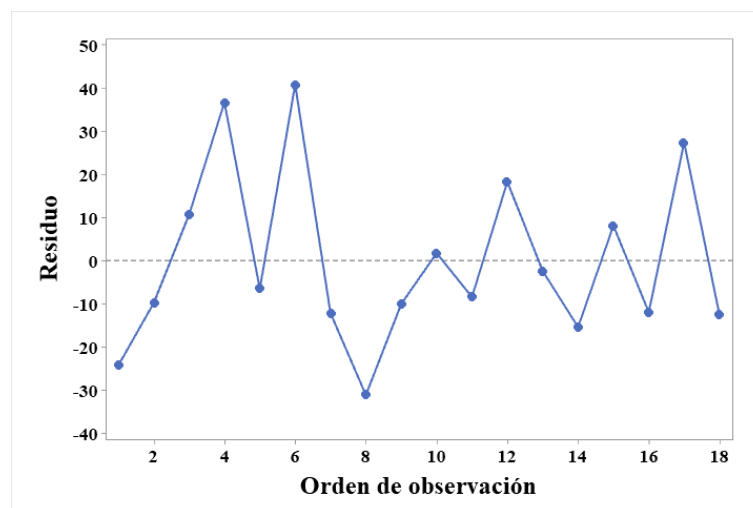


Figura 3.32 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la energía de impacto.

Fuente: Autor

3.9.5.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.38 ANOVA de la energía de impacto.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	4730,40	946,08	1,67	0,216
Material aporte	2	115,87	57,93	0,10	0,904
Tipo de junta	1	157,10	157,10	0,28	0,608
Aporte * Junta	2	4457,43	2228,71	3,93	0,049
Error	12	6798,56	566,55		
Total	17	11528,96			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.38, se puede entender que los efectos de los factores material de aporte y tipo de junta, no son significativos en la variación de la energía de impacto; además el modelo indica que no existe cambio en las medias de la energía de impacto.

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 41.03 %.

Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.33.

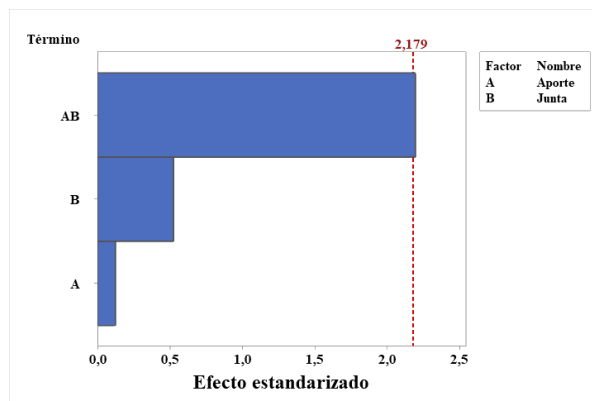


Figura 3.33 Diagrama de Pareto de la energía de impacto

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia de la interacción entre el Material de aporte y el tipo de junta.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.34.

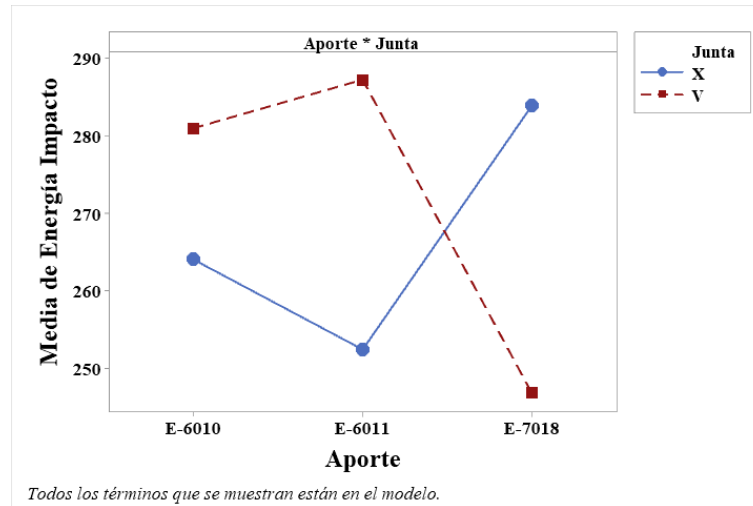


Figura 3.34 Gráfica de interacción para la energía de impacto

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia el comportamiento de la energía de impacto de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, la energía de impacto varía significativamente.

3.9.5.3 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.39.

Tabla 3.39 Deseabilidad de la energía de impacto

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,6519
Combinación 2	E- 6010	V	0,8401

Combinación 3	E- 6011	X	0,5229
Combinación 4	E- 6011	V	0,9096
Combinación 5	E- 7018	X	0,8726
Combinación 6	E- 7018	V	0,4601

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 6011 y el tipo de junto V, en la que la energía de impacto es de 287,264 J.

3.9.6 Análisis de la tenacidad a la fractura por impacto

3.9.6.1 Verificación de supuestos

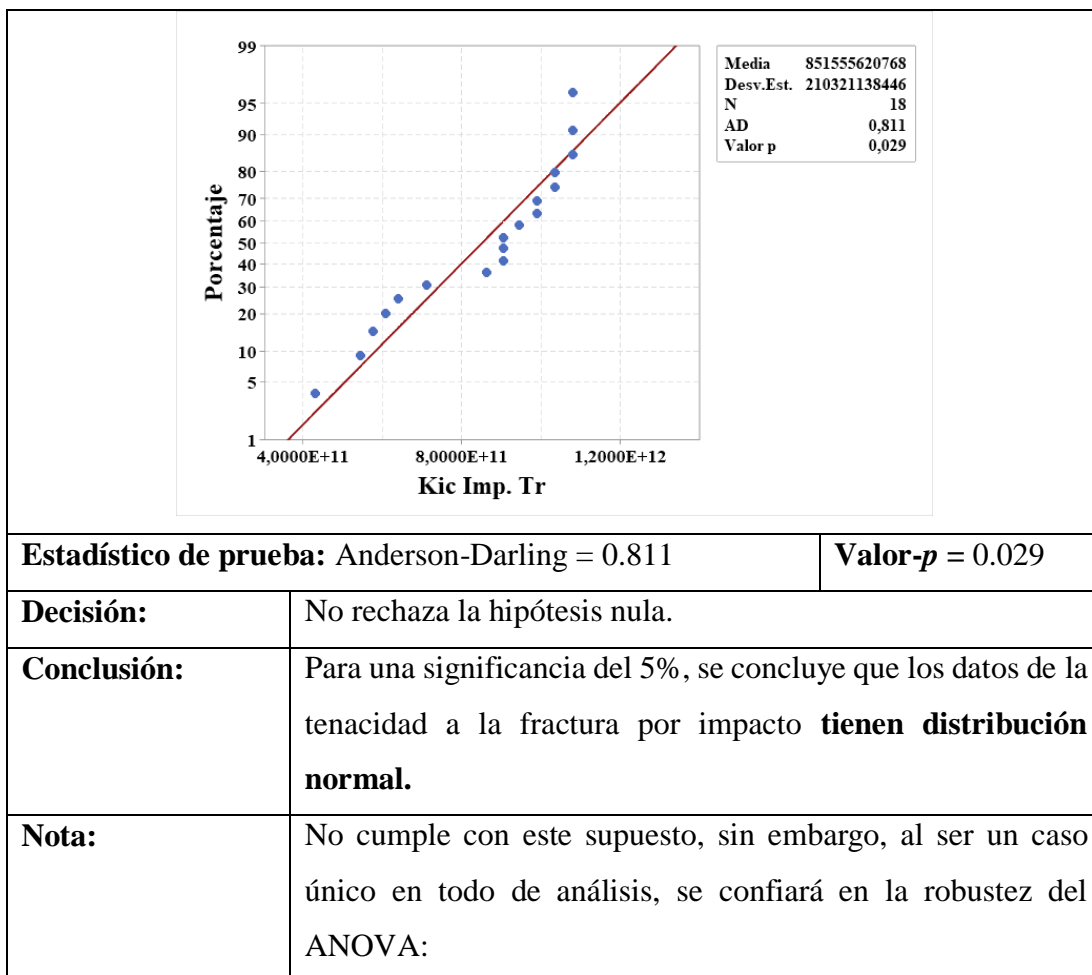
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que se antes a la aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianza entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.40, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación, cabe recalcar que los datos originales no cumplían con el supuesto de normalidad, por lo que se requirió empelar una transformación de Box-Cox, con un parámetro de transformación de 5.

Tabla 3.40 Verificación del supuesto de normalidad de la tenacidad a la fractura por impacto.

Hipótesis:	H_0: La tenacidad a la fractura por impacto tiene distribución normal.		
	H_1: La tenacidad a la fractura por impacto no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



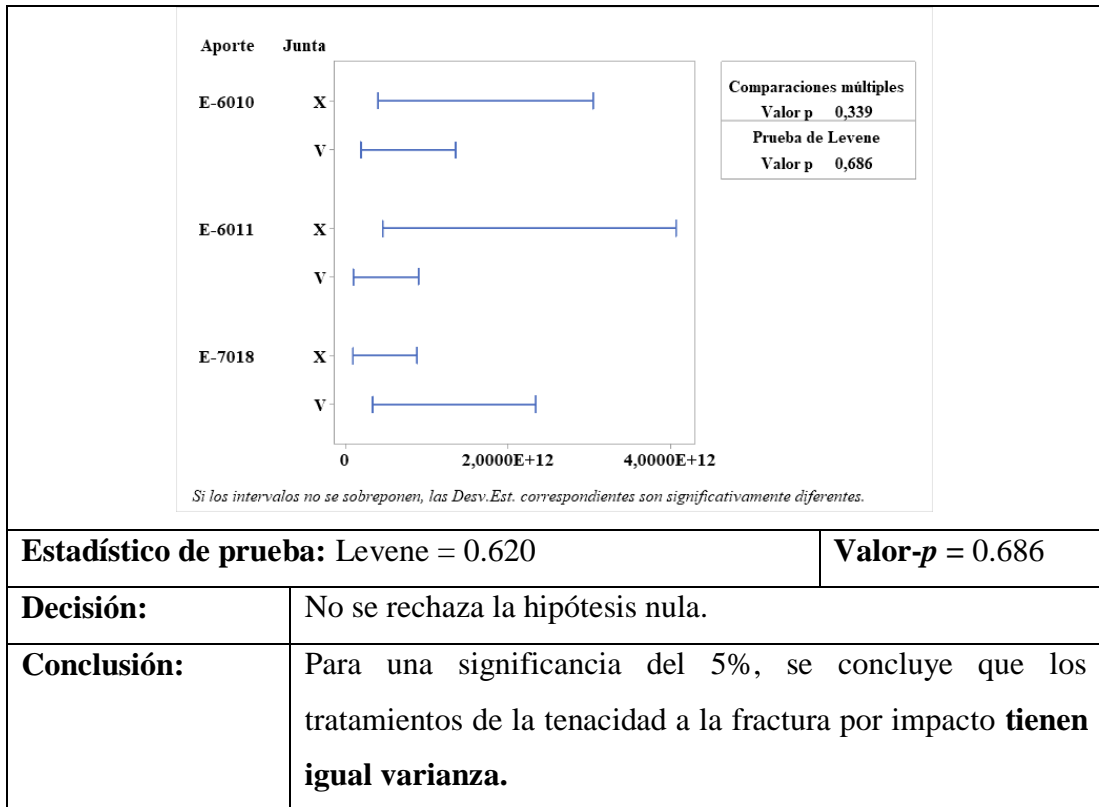
Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.41, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.41 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por impacto.

Hipótesis:	H_0 : Los tratamientos de la tenacidad a la fractura por impacto tienen igual varianza.		
	H_1 : Los tratamientos de la tenacidad a la fractura por impacto no tienen igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos de la tenacidad a la fractura por impacto, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.35, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

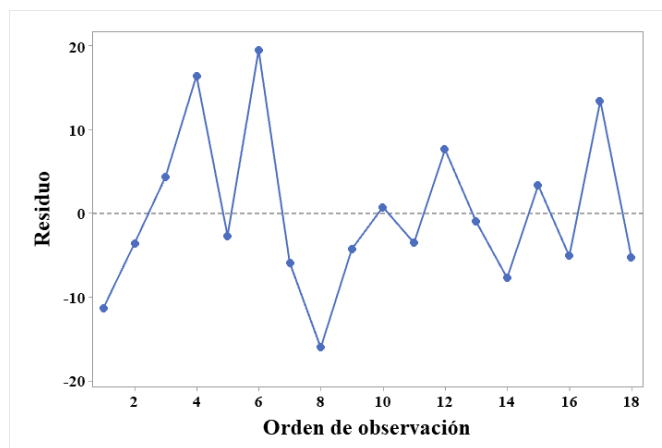


Figura 3.35 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por impacto.

Fuente: Autor

3.9.6.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.42 ANOVA de la tenacidad a la fractura por impacto.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	1088,93	217,79	1,74	0,200
Material aporte	2	24,94	12,47	0,10	0,906
Tipo de junta	1	39,96	39,96	0,32	0,583
Aporte * Junta	2	1024,03	512,02	4,09	0,044
Error	12	1502,97	125,25		
Total	17	2591,90			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.42 se puede entender que los efectos de los factores material de aporte y tipo de junta, no son significativos en la variación de la tenacidad a la fractura por impacto; además el modelo indica que no existe cambio en las medias de la tenacidad a la fractura por impacto

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 41.03 %.

Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.36

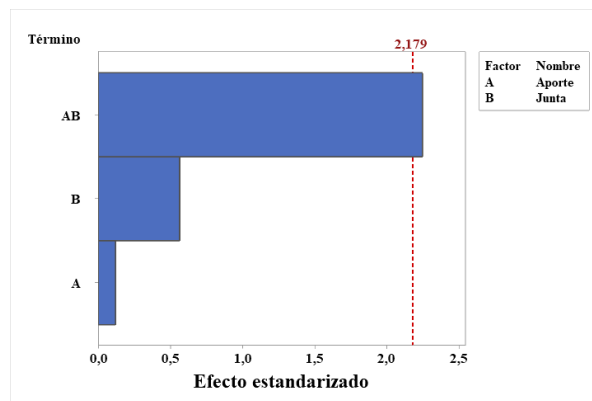


Figura 3.36 Diagrama de Pareto de la tenacidad a la fractura por impacto

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia de la interacción entre el Material de aporte y el tipo de junta.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.37.

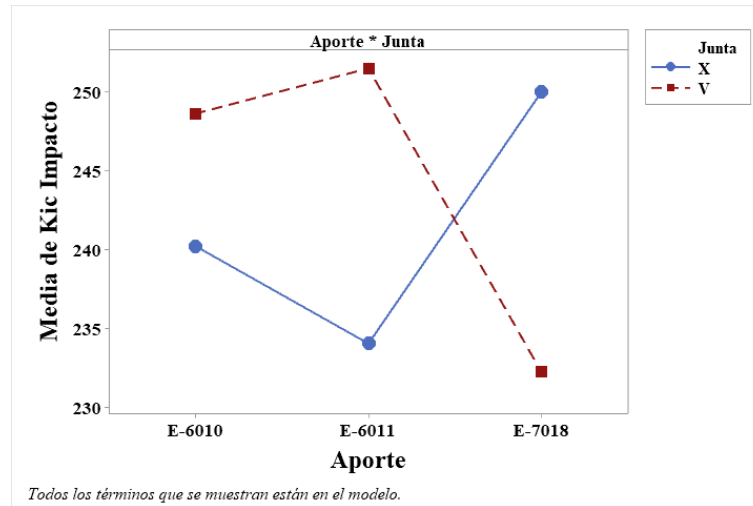


Figura 3.37 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por impacto

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia el comportamiento de la tenacidad a la fractura por impacto de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, la energía de impacto varía significativamente.

3.9.6.3 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.43.

Tabla 3.43 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por impacto

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,6531
Combinación 2	E- 6010	V	0,8486

Combinación 3	E- 6011	X	0,5089
Combinación 4	E- 6011	V	0,9156
Combinación 5	E- 7018	X	0,8811
Combinación 6	E- 7018	V	0,4665

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 6011 y el tipo de junto V, en la que la tenacidad a la fractura por impacto es de $251,487 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$.

3.9.7 Análisis del desplazamiento en la punta de la grieta

3.9.7.1 Verificación de supuestos

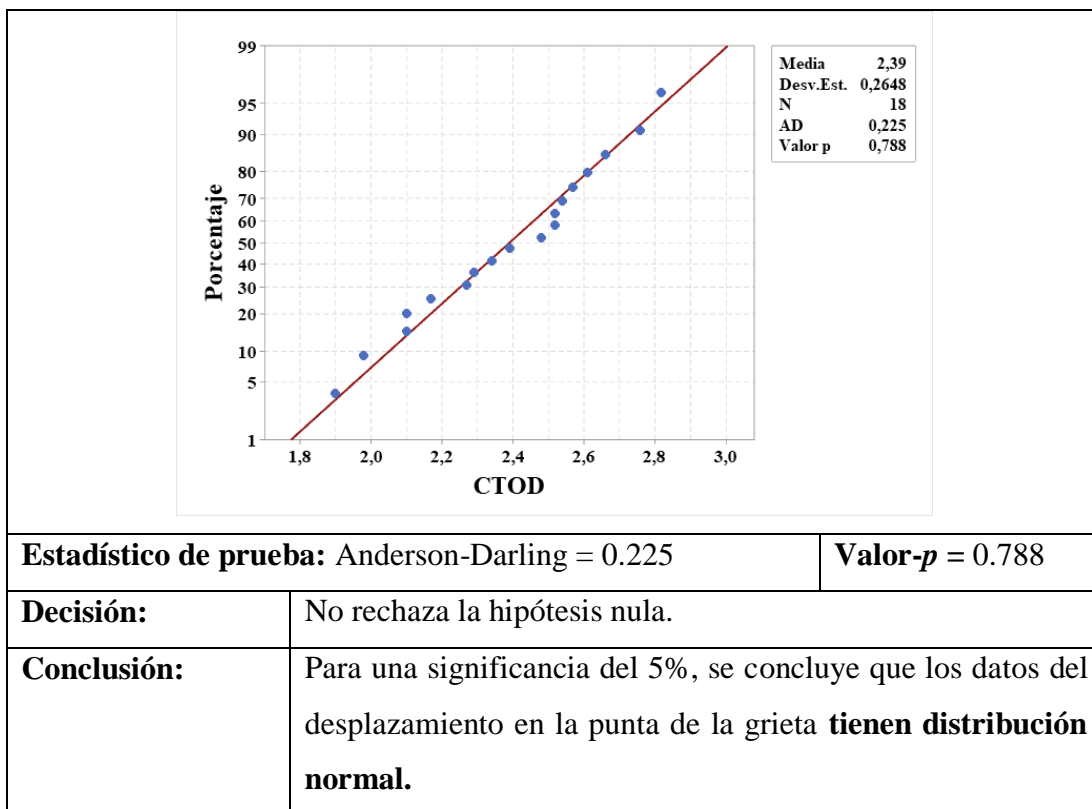
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que se antes de la aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianza entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.44, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.44 Verificación del supuesto de normalidad del desplazamiento en la punta de la grieta.

Hipótesis:	H_0 : El desplazamiento en la punta de la grieta tiene distribución normal.		
	H_1 : El desplazamiento en la punta de la grieta no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Estadístico de prueba: Anderson-Darling = 0.225

Valor-p = 0.788

Decisión: No rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Para una significancia del 5%, se concluye que los datos del desplazamiento en la punta de la grieta **tienen distribución normal.**

Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.45, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.45 Verificación del supuesto de igualdad de varianza del desplazamiento en la punta de la grieta.

Hipótesis:	H₀: Los tratamientos del desplazamiento en la punta de la grieta tienen igual varianza.		
	H₁: Los tratamientos del desplazamiento en la punta de la grieta no tienen igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$

Aporte		Junta
E-6010	X	
	V	
E-6011	X	
	V	
E-7018	X	
	V	

Comparaciones múltiples
 Valor p 0,028

Prueba de Levene
 Valor p 0,377

Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.

Estadístico de prueba: Levene = 1.17	Valor-p = 0.377
Decisión:	No se rechaza la hipótesis nula.
Conclusión:	Para una significancia del 5%, se concluye que los tratamientos del desplazamiento en la punta de la grieta tienen igual varianza.

Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos del desplazamiento en la punta de la grieta, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.38, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

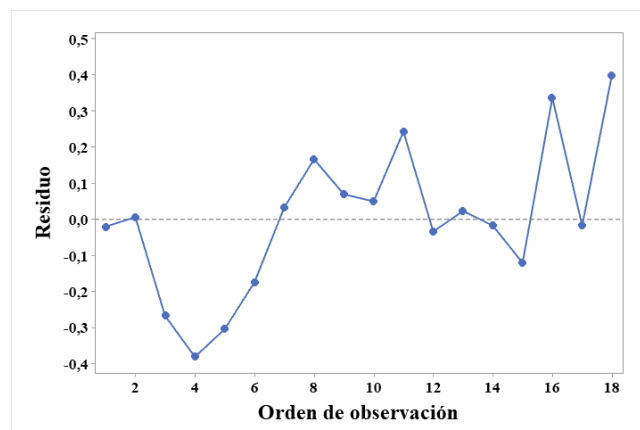


Figura 3.38 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos del desplazamiento en la punta de la grieta.

Fuente: Autor

3.9.7.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.46 ANOVA del desplazamiento en la punta de la grieta.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	0,46813	0,093627	1,55	0,246
Material aporte	2	0,15763	0,078817	1,31	0,306
Tipo de junta	1	0,00802	0,008022	0,13	0,722
Aporte * Junta	2	0,30248	0,151239	2,51	0,123
Error	12	0,72347	0,060289		
Total	17	1,19160			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.46 se puede entender que los efectos de los factores material de aporte y tipo de junta, no son significativos en la variación del desplazamiento en la punta de la grieta; además el modelo indica que no existe cambio en las medias del desplazamiento en la punta de la grieta.

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 39.29 %.

Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.39.

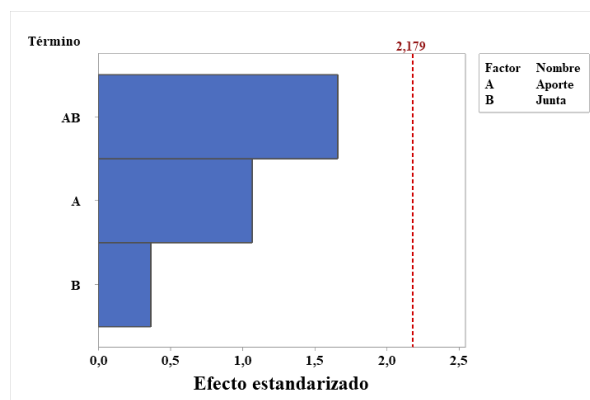


Figura 3.39 Diagrama de Pareto del desplazamiento en la punta de la grieta

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia predominante de la interacción entre el Material de aporte y el tipo de junta.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.40.

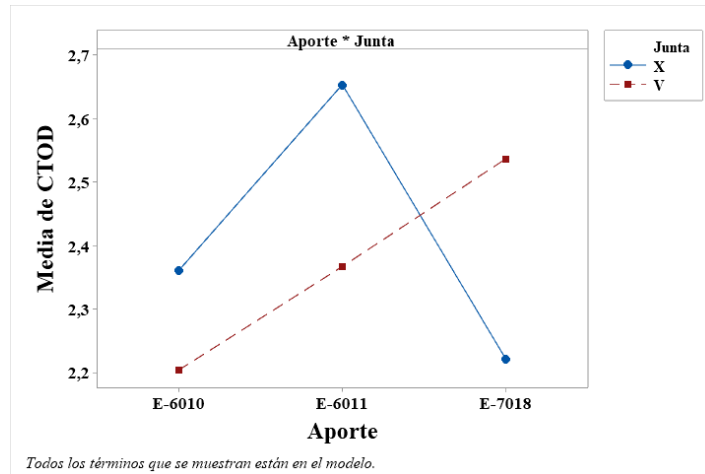


Figura 3.40 Gráfica de interacción para el desplazamiento en la punta de la grieta

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia el comportamiento del desplazamiento en la punta de la grieta de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, el desplazamiento en la punta de la grieta varía significativamente, sin embargo, este comportamiento solo se evidencia en los electrodos 6011 y 7018.

3.9.7.3 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.47.

Tabla 3.47 Deseabilidad del desplazamiento en la punta de la grieta

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,5000

Combinación 2	E- 6010	V	0,6703
Combinación 3	E- 6011	X	0,1812
Combinación 4	E- 6011	V	0,4928
Combinación 5	E- 7018	X	0,6522
Combinación 6	E- 7018	V	0,3080

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 6011 y el tipo de junto X, en la que el desplazamiento en la punta de la grieta es de 2,203 mm

3.9.8 Análisis de la tenacidad a la fractura por flexión

3.9.8.1 Verificación de supuestos

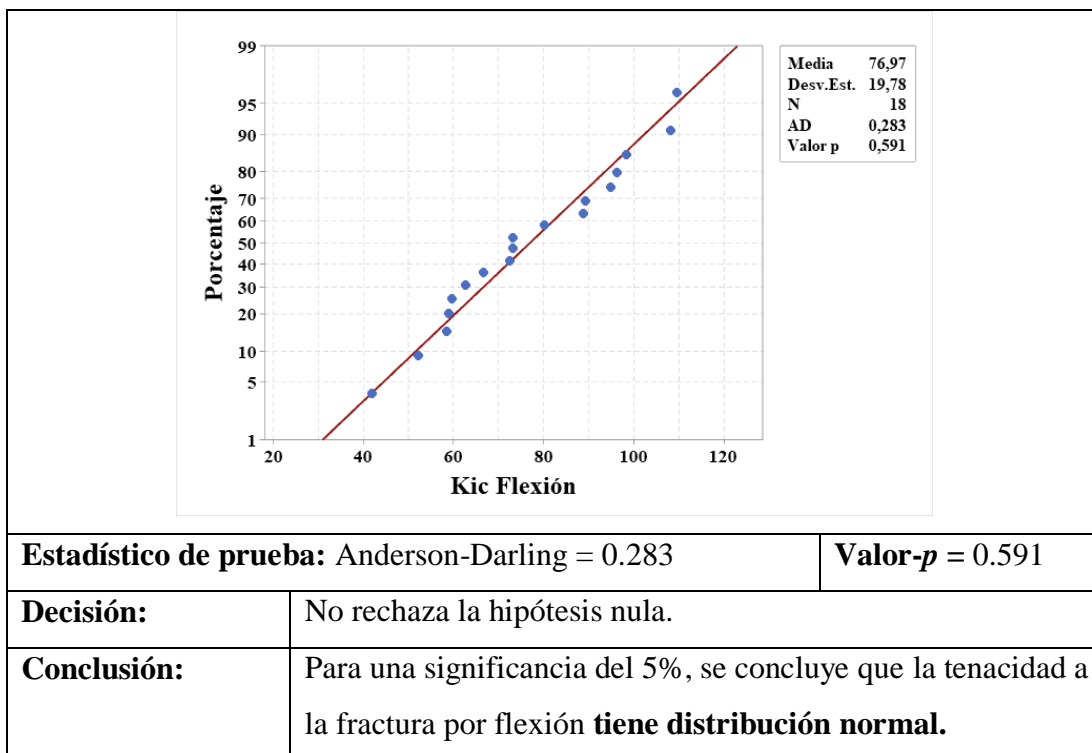
Para efectuar el diseño de experimentos, al ser una prueba paramétrica, es necesario que los datos cumplan con los supuestos paramétricos. Es así que se antes de la aplicación del diseño, se verifica la normalidad en los datos, la igualdad de varianza entre los casos y la independencia de datos.

Normalidad de datos

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.48, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.48 Verificación del supuesto de normalidad de la tenacidad a la fractura por flexión

Hipótesis:	H_0: La tenacidad a la fractura por flexión tiene distribución normal.		
	H_1: La tenacidad a la fractura por flexión no tiene distribución normal.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Estadístico de prueba: Anderson-Darling = 0.283

Valor-p = 0.591

Decisión: No rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Para una significancia del 5%, se concluye que la tenacidad a la fractura por flexión **tiene distribución normal.**

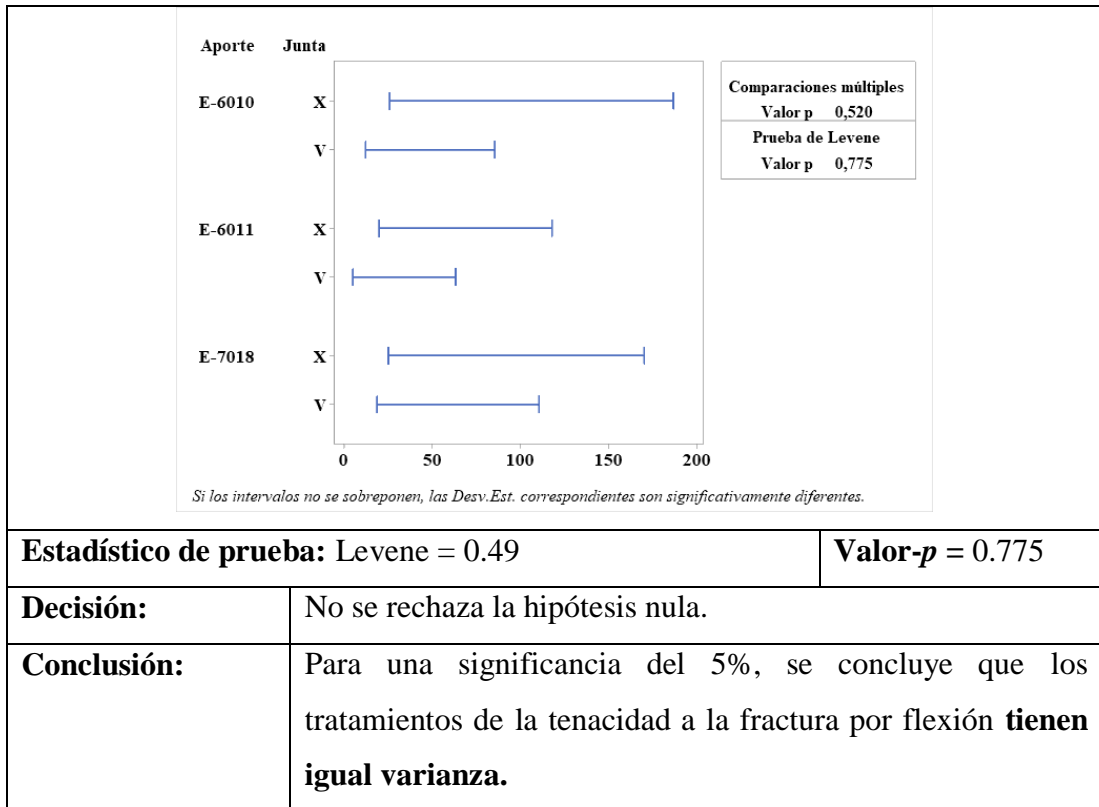
Fuente: Autor

Igualdad de varianza

Para verificar este supuesto, se aplica la prueba de Levene, el valor del estadístico de prueba y las significancias se pueden visualizar en la tabla 3.49, además se tiene el contraste de hipótesis para concluir con la verificación.

Tabla 3.49 Verificación del supuesto de igualdad de varianza de la tenacidad a la fractura por flexión

Hipótesis:	H_0 : La tenacidad a la fractura por flexión tiene igual varianza.		
	H_1 : La tenacidad a la fractura por flexión no tiene igual varianza.		
Nivel de significancia:	$\alpha = 0.05$	Número de datos:	$N = 18$



Fuente: Autor

Independencia de datos

Para verificar que exista independencia en los datos del desplazamiento en la punta de la grieta, revisamos el comportamiento que presentan los residuos de estos datos respecto al orden de observación, esto se indica en la figura 3.41, con la información contenida en esta figura, se puede entender que se cumple con este supuesto.

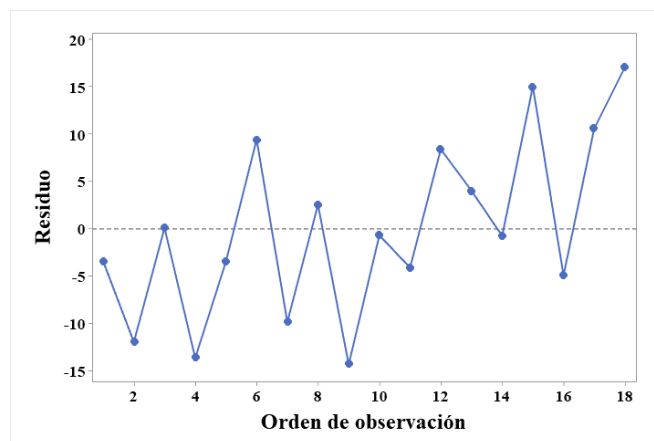


Figura 3.41 Gráfica del Orden de observación vs. Residuos de la tenacidad a la fractura por flexión.

Fuente: Autor

3.9.8.2 Análisis de la varianza

En el análisis de la varianza, se toman como fuentes de variabilidad: el material de aporte empleado, el tipo de junta y la interacción entre estos dos factores.

Tabla 3.50 ANOVA de la tenacidad a la fractura por flexión.

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	5148,84	1029,77	8,24	0,001
Material aporte	2	1172,95	586,48	4,69	0,031
Tipo de junta	1	1878,85	1878,85	15,04	0,002
Aporte * Junta	2	2097,04	1048,52	8,39	0,005
Error	12	1499,14	124,93		
Total	17	6647,97			

Fuente: Autor

Con la información de la tabla 3.50, se puede entender que los efectos de los factores material de aporte y tipo de junta, y de la interacción entre estos dos factores, son significativos en la variación de la tenacidad a la fractura por flexión; además el modelo indica que existe cambios significativos en las medias de la tenacidad a la fractura por flexión.

La variabilidad explicada por el modelo de regresión factorial, alcanza el 77,45 %.

Teniendo una interpretación visual de lo presentado en la tabla del análisis de la varianza, se analiza el diagrama de Pareto representado en la figura 3.42.

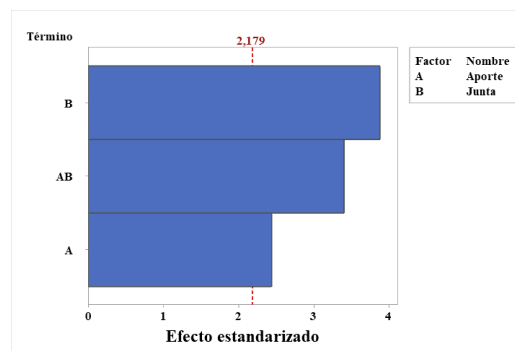


Figura 3.42 Diagrama de Pareto de la tenacidad a la fractura por flexión

Fuente: Autor

En este diagrama se explica la contribución de cada fuente de variabilidad a la respuesta experimental analizada, es así que se verifica la significancia del tipo de junta, es la que más contribuye a la variación a la tenacidad a la fractura por flexión.

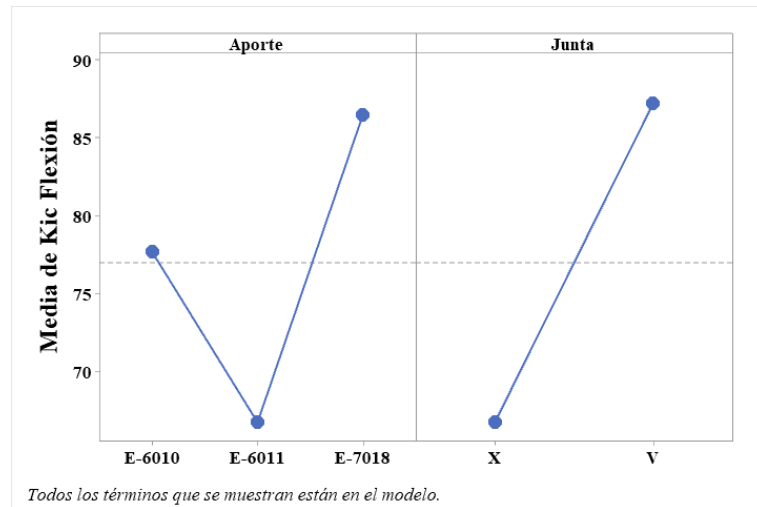


Figura 3.43 Gráfica de efectos principales para la tenacidad a la fractura por flexión

Fuente: Autor

Para analizar ampliamente el comportamiento de los niveles en cada uno de los factores, se revisa la gráfica de efectos principales en la figura 3.43, en donde se puede notar el cambio significativo entre niveles, lo que marca la significancia mencionada en la tabla del ANOVA, eso se interpreta que, en cada cambio de electrodo o tipo de junta, independientemente entre ellos, existe un cambio en el valor de la tenacidad a la fractura por flexión.

Para entender cómo se comporta la relación entre los dos factores de manera más detallada, se puede revisar la gráfica de interacciones en la figura 3.44.

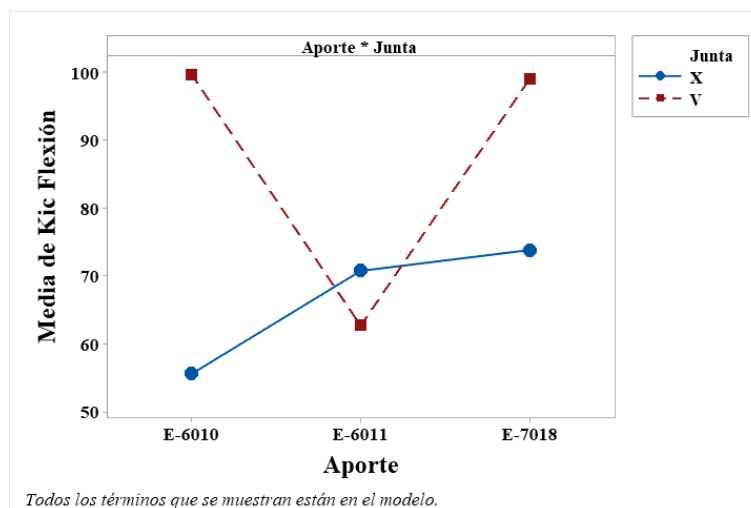


Figura 3.44 Gráfica de interacción para la tenacidad a la fractura por flexión

Fuente: Autor

En la gráfica de interacciones se entiende que, al variar el tipo de junta, el material de aporte empleado cambia el comportamiento de la tenacidad a la fractura por flexión de la junta. Puntualmente se evidencia al emplear un mismo tipo de electrodo, pero cambiando el tipo de junta, el desplazamiento en la punta de la grieta varía significativamente.

3.9.9 Diseño factorial de múltiples niveles

Tabla 3.51 Resumen de diseño factorial.

Resumen de diseño			
Factores	2	Réplicas	2
Corridas base	6	Total de corridas	12
Bloques base	1	Total de bloques	1

Fuente Autor

Tabla 3.52 Matriz de diseño, análisis global

	Orden Est	Orden Corrida	TipoPt, Bloques	Aporte	Junta	DG	Des.Glob.	D.Global
1	1	7	1	E-6010	X	0,49809	0,49809	0,4981
2	7	10	1	E-6010	X	0,61110	0,54779	0,6498
3	8	5	1	E-6010	V	0,64464	0,64464	0,6446
4	2	9	1	E-6010	V	0,79090	0,70897	0,7337

5	3	3	1	E-6011	X	0,41487	0,41487	0,4149
6	9	4	1	E-6011	X	0,50901	0,45627	0,5537
7	10	8	1	E-6011	V	0,56609	0,56609	0,5661
8	4	12	1	E-6011	V	0,69453	0,62257	0,7008
9	5	1	1	E-7018	X	0,63786	0,63786	0,6379
10	11	2	1	E-7018	X	0,78259	0,70152	0,7703
11	12	6	1	E-7018	V	0,53068	0,53068	0,5307
12	6	11	1	E-7018	V	0,65108	0,58363	0,6994

Fuente Autor

3.9.9.1 Optimización individual

Con el análisis, se puede estimar que se aprovecha de manera eficiente los parámetros de entrada de la manera en que se describe en la tabla 3.53.

Tabla 3.53 Deseabilidad de la tenacidad a la fractura por flexión

Combinaciones	Material de aporte	Tipo de junta	Deseabilidad
Combinación 1	E- 6010	X	0,2011
Combinación 2	E- 6010	V	0,8535
Combinación 3	E- 6011	X	0,4254
Combinación 4	E- 6011	V	0,3060
Combinación 5	E- 7018	X	0,4709
Combinación 6	E- 7018	V	0,8438

Fuente: Autor

La combinación óptima es la que emplea como material de aporte un electrodo 6010 y el tipo de junta V, en la que la tenacidad a la fractura por flexión es de 99,757 $MPa \sqrt{m}$.

3.9.10 Optimización global

Teniendo las optimizaciones individuales de cada propiedad analizada, se puede calcular la deseabilidad global, como se visualiza en la Tabla 3.54 en la que mediante

la media geométrica se obtiene un único valor comparable, para saber la combinación que aproveche de mejor forma cada una de las propiedades revisadas en los análisis.

Tabla 3.54 Deseabilidad global

Comb.	Material de aporte	Tipo de junta	Des. 1	Des. 2	Des. 3	Des. 4	Des. 5	Des. 6	DG
Comb. 1	E- 6010	X	0,7164	0,5883	0,6519	0,6531	0,5000	0,2011	0,5121
Comb. 2	E- 6010	V	0,2729	0,3358	0,8401	0,8486	0,6703	0,8535	0,5782
Comb. 3	E- 6011	X	0,5994	0,5615	0,5229	0,5089	0,1812	0,4254	0,4363
Comb. 4	E- 6011	V	0,4629	0,4880	0,9096	0,9156	0,4928	0,3060	0,5523
Comb. 5	E- 7018	X	0,4472	0,4738	0,8726	0,8811	0,6522	0,4709	0,6070
Comb. 6	E- 7018	V	0,7546	0,6659	0,4601	0,4665	0,3080	0,8438	0,5511

Fuente: Autor

La combinación óptima, para cada propiedad, tienen los valores descritos en la tabla 3.54.

Tabla 3.55 Propiedades de la combinación óptima

Respuesta	Ajuste
Esfuerzo Tracción	497,800 MPa
Kic Tensión	214,874 MPa \sqrt{m}
Energía Impacto	283,931 J
Kic Impacto	250,005 MPa \sqrt{m}
CTOD	2,220 mm
Kic Flexión	73,870 MPa \sqrt{m}

Fuente: Autor

3.10 Verificación de hipótesis

Para efectuar la verificación de la hipótesis, se emplea el análisis de la función de deseabilidad, lo cual es objetivo, debido a que engloba todas las propiedades mecánicas en una única conclusión. Es así que en la tabla 3.54, se describe el análisis de la varianza de la deseabilidad global, en la que se recalca la importancia de la significancia del modelo.

Tabla 3.56 ANOVA de la deseabilidad global

Fuente de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	Valor- p
Modelo	5	0,084329	0,016866	11,02	0,006
Material aporte	2	0,022789	0,011394	7,44	0,024
Tipo de junta	1	0,013344	0,013344	8,72	0,026
Aporte * Junta	2	0,048197	0,024098	15,74	0,004
Error	6	0,009185	0,001531		
Total	11	0,093514			

Fuente: Autor

El modelo generado en el análisis de la varianza, el cual es un modelo factorial general completo, explica los datos de la deseabilidad en un 90,18%. De acuerdo a la significancia calculada de 0.006, se puede definir que hay diferencias significativas en las medias de la deseabilidad, lo que se interpreta como la existencia de valores óptimos.

Es así que, de acuerdo a la hipótesis planteada se tiene:

H_0 : El control de los parámetros de las juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda., no permitirá mejorar el desempeño de las propiedades mecánicas a fractura

H_1 : El control de los parámetros de las juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda., permitirá mejorar el desempeño de las propiedades mecánicas a fractura.

Con un valor- p de 0.006, siendo menor a, $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO IV

4.1 Propuesta

“PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA UNIÓN DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE TIPO SMAW CON MATERIAL BASE ASTM A572 GRADO 50”

4.1.1 Datos informativos

Concluido el análisis de optimización de juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW, en un acero ASTM A 572 Grado 50, se ha logrado determinar la combinación óptima de parámetros de las propiedades mecánicas a fractura, entre estas podemos mencionar la resistencia a la tracción, resistencia a la fluencia, porcentaje de elongación y energía de impacto. Los resultados sirven para mejorar la resistencia de la junta soldada, mediante el ensayo de doblez guiado.

El presente estudio aporta en el área de soldadura y al sector metalmecánico, de forma particular en la fabricación de estructuras metálicas, se ha determinado un mejor proceso de soldadura que participa en mejorar las propiedades mecánicas a fractura.

Los ensayos correspondientes al estudio se lo realizaron en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, ya que en dicho laboratorio encontramos la totalidad de los equipos necesarios para efectuar los ensayos de las probetas. Para el ensayo de tracción se utilizó la máquina (Tinius Olsen (capacidad 30 Tn)), para el ensayo de impacto se utilizó la máquina Charpy y finalmente para el ensayo de doblez guiado se utilizó la máquina (Shimadzu concreto 2000 x).

4.2 Antecedentes de la propuesta

A nivel mundial el uso de nuevos materiales en todos los aspectos de la industria es una prioridad, la industria metalmecánica no es la excepción, ya que la NEC detalla las características y tendencias de nuevos materiales que resultan de gran ayuda para el mejoramiento de procesos de ejecución de estructuras metálicas.

En el país aún se mantiene las prácticas de construcción con el material base ASTM A36, esto por ser un material altamente difundido desde las últimas décadas, sin embargo, la evolución de materiales y tendencias en el mercado internacional, obligan a que nuestros procesos de construcción deban estar a la vanguardia.

Tal es el caso del material ASTM A572 Grado 50, que si bien, ya se encuentra en el mercado, la falta de conocimiento, hace pensar de manera errónea a los diseñadores y constructores de estructuras metálicas que mantener el uso de procedimientos de ejecución de juntas soldadas a tope tipo SMAW deben mantenerse con materiales tradicionales.

Dada problemática se desarrollará un procedimiento técnico para ejecución de juntas soldadas a tope tipo SMAW con material base ASTM A572 grado 50, utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas, que servirá como sustento en el diseño y ejecución de trabajos relacionados a soldadura. [16]

4.3 Justificación de la propuesta

En los últimos años a nivel mundial la industria metalmeccánica específicamente el sector de estructuras metálicas presentó un crecimiento significativo, al evidenciar un crecimiento de la población, conjuntamente los procesos y materiales de fabricación se han desarrollado para poder reducir costos y tiempos de ejecución de estructuras metálicas.

En el país el sector metalmeccánico ha tenido un crecimiento considerable, pero aún mantiene prácticas para la elaboración de estructuras metálicas de décadas pasadas, únicamente los megaproyectos se permiten utilizar materiales y procedimientos acordes al mercado internacional, dejando relegados a los proyectos de media y pequeña dimensión.

Las empresas buscan una optimización de sus procesos, pero al no existir demasiadas fuentes de información acerca de nuevos procedimientos de fabricación tienden a mantenerse con las prácticas comúnmente utilizadas, frenando así el mejoramiento continuo de los procedimientos de fabricación.

Uno de los principales objetivos de la compañía SEMADIJE Ltda. es buscar nuevos procedimientos de construcción que permitan ahorrar recursos por lo que, se propone la implementación de procedimientos técnicos para la ejecución de juntas soldadas a tope de tipo SMAW utilizando el material ASTM A 572 Grado 50. [19]

4.4 Objetivos

4.4.1 Objetivo general

Elaborar un procedimiento para juntas soldadas a tope tipo SMAW, utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas para la compañía SEMADIJE LTDA.

4.4.2 Objetivos específicos

- Establecer el proceso para una correcta ejecución de soldadura tipo SMAW, en juntas soldadas a tope, utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas.
- Elaborar una especificación del procedimiento de soldadura (WPS) y un registro de calificación de procedimiento (PQR) para una junta soldada a tope bajo proceso SMAW en un acero A 572 Grado 50.
- Evaluar la factibilidad técnica económica para la ejecución de juntas a tope para el acero ASTM A 572 Grado 50.

4.5 Análisis de factibilidad

Con los costos detallados en la tabla #, se puede determinar que la propuesta se considera factible de realizar, ya que se cuenta con la información, catálogos y normativa. Además de laboratorios que cuentan con equipos y maquinaria indispensable para desarrollar los ensayos de juntas soldadas. También es conveniente recalcar el recurso humano necesario para realizar un correcto proceso de soldadura.

Considerando todos estos factores necesarios para el desarrollo de la propuesta, que resultan de un costo moderado en el mercado nacional y de fácil adquisición sumando a esto, personal altamente capacitado en el área de soldadura.

En lo que respecta a la realidad del sector metalmecánico, es de vital importancia implementar un procedimiento técnico para ejecución de juntas soldadas a tope tipo

SMAW con material base ASTM A572 grado 50, el cual es factible puesto que ayudará de manera significativa para optimizar las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas.

4.6 Fundamentación

La propuesta se fundamentó de los capítulos I, II y III los cuales tienen relación con el marco teórico, análisis de resultados y conclusiones, donde se detallan los factores y características de los ensayos realizados en juntas soldadas a tope de tipo SMAW, en el que se especifica la combinación adecuada de las variables las cuales permiten la optimización de las propiedades mecánicas a fractura.

4.7 Metodología

En lo que respecta al proceso de soldadura, corte y maquinado de probetas se lo realizó en el taller metalmecánico Sánchez y hermanos, mientras que los ensayos se los realizaron en el laboratorio de Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, a continuación, se muestra el desarrollo de la propuesta.

4.8 Desarrollo

4.8.1 Proceso y dirección

ADMINISTRACIÓN
(CONTRATISTA)

COORDINADOR
(TÉCNICO RESIDENTE)

Contratista: Cualquier empresa, o persona que representa a una persona, responsable de la fabricación, montaje, fabricación o soldar de acuerdo con las disposiciones de acuerdo con el código AWS D1.1.

4.8.1.1 Responsabilidades del contratista:

- El contratista deberá ser responsable de las WPS, de la calificación del personal, la inspección del contratista y del trabajo pertinente en conformidad con los requerimientos de los documentos del contrato.

Ingeniero: Individuo debidamente designado que actúe para, y a favor de, el propietario en todos los asuntos del ámbito del código AWS D1.1.

4.8.1.2 Responsabilidades del ingeniero:

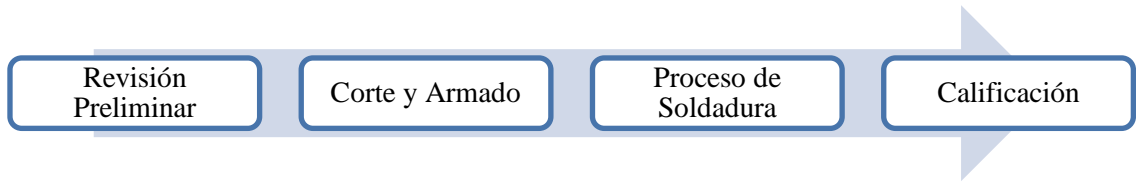
El ingeniero deberá ser responsable del desarrollo de los documentos del contrato que regulen los productos o las estructuras armadas producidas bajo el código AWS D1.1. El ingeniero puede agregar, suprimir o modificar de otro modo los requerimientos de este código para cumplir con los requerimientos particulares de una estructura específica.

Todos los requerimientos que modifiquen este código deberán incorporarse a los documentos del contrato.

El ingeniero deberá especificar en los documentos necesarios del contrato y según sea aplicable, lo siguiente:

- Los requerimientos del código que sean aplicables, solamente especificados por el ingeniero.
- Todos los ensayos no destructivos que no se refieran específicamente en el código.
- Inspección de verificación, cuando lo requiera el ingeniero.
- Criterios de aceptación de soldaduras que no sean los establecidos en la sección 6.
- Criterios de tenacidad (CVN) para soldar un metal con otro, y/o cuando se requiera HAZ.
- Para aplicaciones no tubulares, ya sea que estas estén cargadas estáticamente o cíclicamente.
- Todos los requerimientos adicionales a los que no se refiera específicamente en este código.
- Para las aplicaciones OEM, las partes responsables involucradas.

4.8.2 Procesos y subprocesos



4.8.2.1 Soporte previo ejecución de estructura metálica



Inspector del contratista: Es la persona debidamente designada que actúe para y en beneficio del contratista, en toda inspección y asuntos sobre calidad en el ámbito del código AWS D1.1, y de los documentos del contrato.

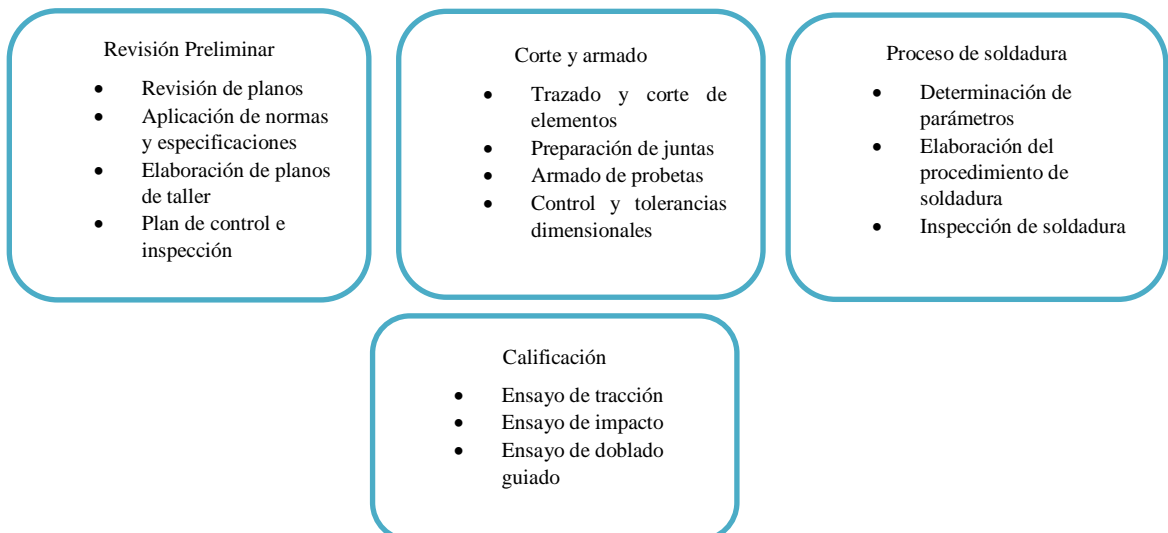
4.8.2.2 Responsabilidades del inspector:

- La inspección del contratista será proporcionada por el contratista y se realizará según sea necesario para asegurar que la calidad del trabajo del material cumpla con los requerimientos de los documentos del contrato. [16]

4.8.2.3 Dirección



4.8.3 Operativos o cadena de valor



4.8.3.1 Soporte post ejecución de estructura metálica

ASESORÍA TÉCNICA

FISCALIZACIÓN


Inspector de verificación: Se definirá como la persona debidamente designada que actúe para y en beneficio del propietario o ingeniero en toda inspección y asuntos sobre calidad especificados por el ingeniero.

Responsabilidades: El ingeniero determinará si la inspección de verificación será pertinente. Las responsabilidades de la verificación de inspección deberán establecerse entre el ingeniero y el inspector de verificación.

Aprobación: Todas las referencias sobre la necesidad de aprobación, se someterán a la aprobación por parte del encargado de obras civiles o del ingeniero. [16]

4.8.4 Soldadura

Tabla 4.1 Proceso de soldadura



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA PROCESO DE SOLDADURA	 Código:
<p>1. OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Determinar los parámetros de soldadura para la combinación de electrodos y tipos de junta bajo condiciones del código AWS D1.1.• Elaboración del WPS y PQR para las combinaciones de electrodos y tipo de junta acorde al código AWS D1.1. <p>2. ALCANCE</p> <p>Sustento de los requisitos de construcción aplicables a la construcción de estructuras metálicas en taller o campo.</p> <p>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>El presente documento se encuentra sustentado en el marco teórico investigado, catálogos y del código AWS D1.1 (código de soldadura de acero estructural). [Anexo 3]</p> <p>4. GENERALIZACIÓN</p>		




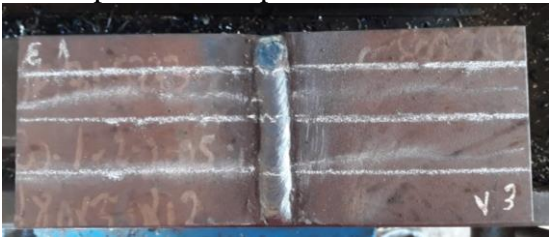
Al realizar un procedimiento de soldadura SMAW, en juntas a tope para la construcción de estructuras metálicas, permite mejorar las propiedades mecánicas y disminuir costos del proceso.

5. REALIZACIÓN

Para la soldadura de juntas a tope bajo proceso SMAW destinados a la fabricación de estructuras metálicas, se realizan los siguientes pasos.

RESIDENTE	Determinación de parámetros de soldadura			
	Requerimientos para los procesos de precalificación de los WPS			
	Variable	Posición	Tipo de soldadura	Proceso SMAW
	Diámetro del electrodo	Plana	Filete	5/16 pulgada [8.0 mm]
			Ranurada	1/4 pulgada [6.4 mm]
			Pasada de raíz	3/16 pulgada [4.8 mm]
	Corriente máxima	Toda	Filete	
		Toda	Pasada de raíz en soldadura ranurada con abertura	Dentro del rango de operación recomendada por el fabricante del metal de aporte.
			Pasada de raíz en soldadura ranurada con abertura	
			Soldadura ranurada con pasada de relleno	
Soldadura ranurada con pasada de coronamiento				
Espesor máximo de la pasada en la raíz	Plana	Todas	3/8 pulgada [10 mm]	
Espesor máximo de la pasada del metal de aporte	Todas	Todas	3/16 pulgada [5 mm]	

	<table border="1"> <tr> <td>Tamaño máximo de la soldadura de filete de una sola pasada</td> <td>Plana</td> <td>Filete</td> <td>3/8 pulgada [10 mm]</td> </tr> </table>	Tamaño máximo de la soldadura de filete de una sola pasada	Plana	Filete	3/8 pulgada [10 mm]														
Tamaño máximo de la soldadura de filete de una sola pasada	Plana	Filete	3/8 pulgada [10 mm]																
	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Amperajes recomendados para electrodo E-6010</th> </tr> <tr> <th>Diámetro [mm]</th> <th>Amperaje mínimo</th> <th>Amperaje máximo</th> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>60</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>80</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>110</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>150</td> <td>200</td> </tr> </table>	Amperajes recomendados para electrodo E-6010			Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo	2.4	60	90	3.2	80	110	4.0	110	160	4.8	150	200
Amperajes recomendados para electrodo E-6010																			
Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo																	
2.4	60	90																	
3.2	80	110																	
4.0	110	160																	
4.8	150	200																	
	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Amperajes recomendados para electrodo E-6011</th> </tr> <tr> <th>Diámetro [mm]</th> <th>Amperaje mínimo</th> <th>Amperaje máximo</th> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>50</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>80</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>120</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>160</td> <td>220</td> </tr> </table>	Amperajes recomendados para electrodo E-6011			Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo	2.4	50	90	3.2	80	120	4.0	120	160	4.8	160	220
Amperajes recomendados para electrodo E-6011																			
Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo																	
2.4	50	90																	
3.2	80	120																	
4.0	120	160																	
4.8	160	220																	
	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Amperajes recomendados para electrodo E-7018</th> </tr> <tr> <th>Diámetro [mm]</th> <th>Amperaje mínimo</th> <th>Amperaje máximo</th> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>70</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>120</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>140</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>200</td> <td>275</td> </tr> </table>	Amperajes recomendados para electrodo E-7018			Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo	2.4	70	120	3.2	120	150	4.0	140	200	4.8	200	275
Amperajes recomendados para electrodo E-7018																			
Diámetro [mm]	Amperaje mínimo	Amperaje máximo																	
2.4	70	120																	
3.2	120	150																	
4.0	140	200																	
4.8	200	275																	
SOLDADOR	<p>Calibración del equipo de soldadura con los parámetros establecidos</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>																		
AYUDANTE	<p>Limpieza con grata de disco para eliminar todo tipo de material no deseado</p>																		




	
SOLDADOR	<p>Soldadura con electrodo E-6010, E-6011, E-7018</p> 
RESIDENTE	
RESIDENTE	<p>Control durante el proceso e inspección final de soldadura</p> 





Elaborado: Ing. Diego Reyes	Verificado: Ing. Juan Paredes, Mg.
-----------------------------------	------------------------------------

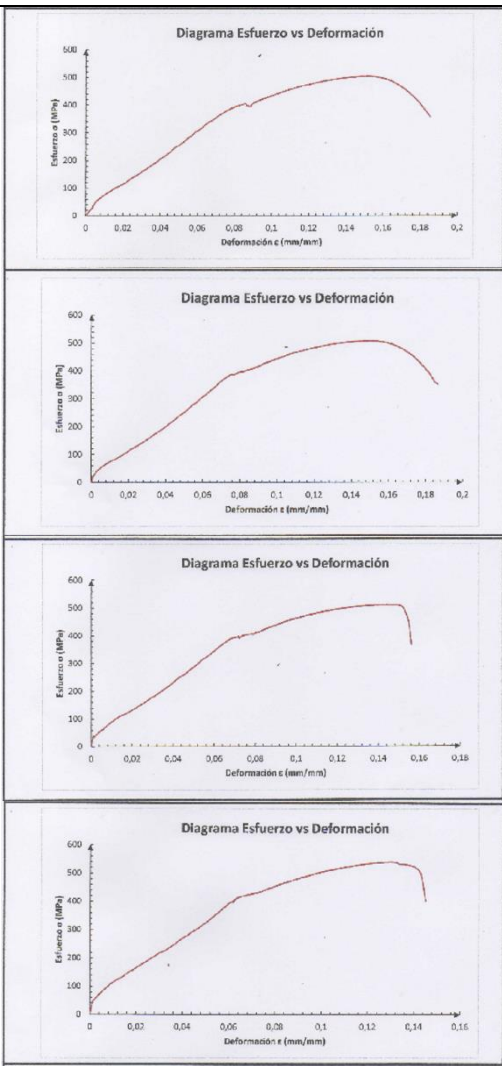
Elaborado por: Ing. Diego Reyes

4.8.5 Ensayo de tracción

Tabla 4.2 Ensayo de tracción



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	ENSAYO DE TRACCIÓN	Código:
<p>1. OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades mecánicas acorde al código AWS D1.1 Aportar con un procedimiento técnico que sea utilizado como pauta para el desarrollo de ensayos de tracción. <p>2. ALCANCE</p> <p>Cumple con las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) según el código AWS D1.1.</p> <p>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>El presente documento se encuentra sustentado en el marco teórico investigado, catálogos y del código AWS D1.1 (código de soldadura de acero estructural) y la norma ASTM E-08 (Métodos de prueba estándar para tensión en materiales metálicos). [Anexo 10]</p> <p>4. GENERALIZACIÓN</p> <p>Al realizar un procedimiento de soldadura SMAW, en juntas a tope para la construcción de estructuras metálicas, permite mejorar las propiedades mecánicas y disminuir costos del proceso.</p> <p>5. REALIZACIÓN</p> <p>Para el ensayo de tracción se realizan los siguientes pasos:</p>		
AYUDANTE	Corte de probeta para el ensayo de tracción 	

AYUDANTE	<p>Mecanizado de probeta para el ensayo de tracción</p> 
AYUDANTE DE LABORATORIO	<p>Análisis de dimensiones y peso de probeta para el ensayo de tracción</p> 
AYUDANTE DE LABORATORIO	<p>Ensayo de tracción en la máquina universal</p> 
Ing. Diego Reyes	<p>Obtención de resultados (Do, Dr, Lo, Lf)</p> 
Ing. Diego Reyes	<p>Grafica de diagramas esfuerzo vs deformación</p>

			
Elaborado: Ing. Diego Reyes	Verificado: Ing. Juan Paredes, Mg.	Elaborado por: Ing. Diego Reyes	

4.8.6 Ensayo de impacto

Tabla 4.3 Ensayo de impacto

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ENSAYO DE IMPACTO		Código:
<p>1. OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las propiedades mecánicas acorde al código AWS D1.1 • Aportar con un procedimiento técnico que sea utilizado como pauta para el desarrollo de ensayos de impacto. <p>2. ALCANCE</p>		

Cumple con las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) según el código AWS D1.1.

3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

El presente documento se encuentra sustentado en el marco teórico investigado, catálogos y del código AWS D1.1 (código de soldadura de acero estructural) y la norma ASTM E-23 (Métodos de prueba estándar para tensión en materiales metálicos). [Anexo 11]

4. GENERALIZACIÓN

Al realizar un procedimiento de soldadura SMAW, en juntas a tope de acero ASTM A572 Grado 50, para la construcción de estructuras metálicas, permite mejorar las propiedades mecánicas y disminuir costos del proceso.

5. REALIZACIÓN

Para el ensayo de impacto, se realizan los siguientes pasos:

AYUDANTE

Corte de probeta para el ensayo de impacto, en sentido transversal al eje de soldadura.



Maquinado de las probetas a ensayar, por el método de arranque de viruta (fresadora).

AYUDANTE



AYUDANTE DE LABORATORIO

Ensayo de impacto y lectura de energía absorbida (J)



Ing. Diego Reyes

Evaluación del ensayo de impacto

RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO			
Combinación de probetas	Valor en (J)	Valor en (Kg/m)	Valor en (Nm)
Combinación 1			
1	235.4	24.02	235.4
1	295.4	30.14	295.4
1	250.4	25.55	250.4
Combinación 2			
2	275.4	28.10	275.4
2	295.4	30.14	295.4
2	270.4	27.59	270.4
Combinación 3			
3	240.4	24.53	240.4
3	290.4	29.63	290.4

	3	205.4	20.96	205.4
	Combinación 4			
	4	295.4	30.14	295.4
	4	280.4	28.61	280.4
	4	285.4	29.12	285.4
	Combinación 5			
	5	275.4	28.10	275.4
	5	285.4	29.12	285.4
	5	290.4	29.63	290.4
	Combinación 6			
	6	230.4	23.51	230.4
	6	225.4	23	225.4
	6	275.4	28.1	275.4
Elaborado: Ing. Diego Reyes	Verificado: Ing. Juan Paredes, Mg.			

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

4.8.7 Ensayo de doblado guiado

Tabla 4.4 Ensayo de doblado guiado

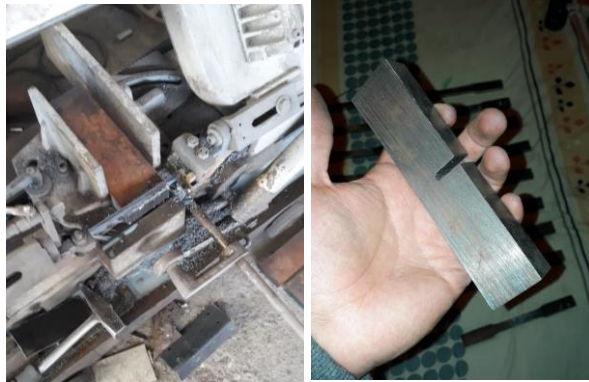
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	ENSAYO DE DOBLADO GUIADO	Código:
<p>1. OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar todo lo referente a la defectología de la probeta analizada acorde al código AWS D1.1. Aportar con un procedimiento técnico que sea utilizado como pauta para el desarrollo de ensayos de doblez guiado. <p>2. ALCANCE</p> <p>Cumple con las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) según el código AWS D1.1. [Anexo 3]</p> <p>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>El presente documento se encuentra sustentado en el marco teórico investigado, catálogos y del código AWS D1.1 (código de soldadura de acero estructural).</p> <p>4. GENERALIZACIÓN</p> <p>Al realizar un procedimiento de soldadura SMAW, en juntas a tope de acero ASTM A572 Grado 50, para la construcción de estructuras metálicas, permite mejorar las propiedades mecánicas y disminuir costos del proceso. [Anexo 13]</p>		

5. REALIZACIÓN

Para el ensayo de doblado guiado, se realizan los siguientes pasos:

AYUDANTE

Corte de probeta para el ensayo de doblado guiado, en sentido transversal al eje de soldadura.



AYUDANTE DE LABORATORIO


Preparación de la máquina para el ensayo de doblado guiado



AYUDANTE DE LABORATORIO

Ejecución del ensayo de doblado guiado, utilizando máquina de compresión.



Ing. Diego Reyes	Evaluación de probetas 
Elaborado: Ing. Diego Reyes	Verificado: Ing. Juan Paredes, Mg.

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

4.8.8 WPS (Especificación del procedimiento de soldadura)

4.8.8.1 Probetas para el ensayo de tracción

- Combinación 1: E-6010 (70%), E-7018 (30%), con una junta en X (45°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.5 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	01	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--	
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha : 19/01/ 2021	Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicai za C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en X Simple:		Ranura: 1G Plancha: X	Filete: -- Tubería: --	
Doble: X Abertura de raíz: 3mm		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		

Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X		
METAL BASE					
	MB1	MB2			
Grupo:	1	1	Pulso: DCEN		
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA		
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante: X
Espesor de la plancha:	12.5 mm	12.5 mm	Pase:	Simpl e:	Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:	A 5.1		Temperatura de precalentamiento:	N/A	
Clasificación AWS:	E6010, E7018		Temperatura de interpase:	N/A	
Marca:	AGA		POSCALENTAMIENTO		
Tamaño del electrodo:	3.2 mm		Temperatura:	N/A	
PROTECCIÓN			Tiempo:	N/A	
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --			Observaciones:		El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara
Detalles de la unión y secuencia de soldadura					
					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021 COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 2: E-6010 (70%), E-7018 (30%) con una junta en V (60°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.6 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	02	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--	
Tipo:	Manual X Semiautomático o Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN	

Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: V Simple: X Doble: Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE			
	MB1	MB2	
Grupo:	1	1	
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación: Recta: Oscilante: X Pase: Simple: Múltiple: X Limpieza entre pase: Si: X No: Método: Grata
Espeor de la plancha:	12.5 mm	12.5 mm	
Diámetro (tubería):	--	--	
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A
Clasificación AWS:	E6010, E7018	Temperatura de interpase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Gas: --		Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.
Detalles de la unión y secuencia de soldadura			
			

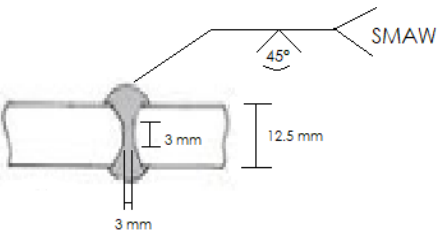
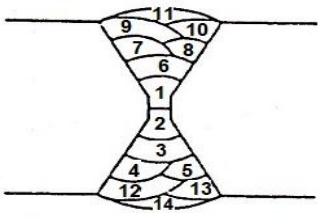
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
10	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021 COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.7 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:		UTA	Identificación N°:		03	
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW	Soporte del PQR N°:		--	
Tipo:		Manual X Semiautomático Automático	Revisión:		Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F
Soldador:		Chicaiza C.J	Autorizado por:		Ing. Mg. Juan Paredes	

DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --			
		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
		MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW)			
		N/A			
		Corto circuito			
		Globular			
		Spray			
		Corriente Proceso SMAW:			
		AC: DCEP: X			
		Pulso: DCEN			
METAL BASE					
	MB1	MB2			
Grupo:	1	1			
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA		
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante : X
Espesor de la plancha:	12.5 mm	12.5 mm	Pase:	Simple:	Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	de N/A		
Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interpase:	N/A		
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO			
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A		
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A		
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --		Observaciones:			El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.
Detalles de la unión y secuencia de soldadura					
					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021								
COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.8 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	04		
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--		
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F	
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes		
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN		

Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --	
METAL BASE		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
		MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN	
	MB1	MB2	
Grupo:	1	1	
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación: Recta: Oscilante : X
Espesor de la plancha:	12.5 mm	12.5 mm	Pase: Simple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase: Si: X Método: No: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A
Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --		Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.
Detalles de la unión y secuencia de soldadura			

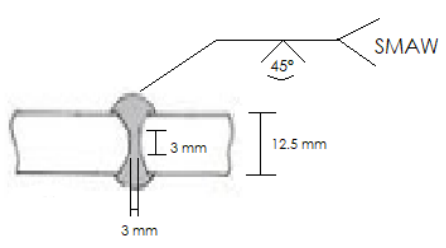
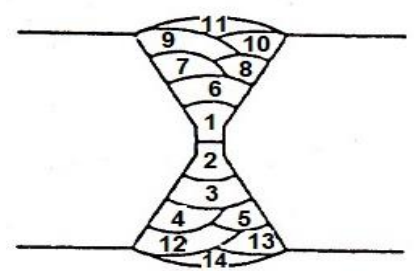
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pa se	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
11	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
12	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021								
COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 5: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en X (45°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.9 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA			
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	05
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--
Tipo:	Manual: X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021 Por: Reyes D.F

Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes		
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE					
		MB1	MB2		
Grupo:		1	1		
Especificación del acero:		ASTM	ASTM	TÉCNICA	
Tipo o grado:		A 572	A 572	Aportación:	Recta: Oscilante: X
Espesor de la plancha:		12.5 mm	12.5 mm	Pase:	Simple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):		--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:		A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A	
Clasificación AWS:		E6011, E7018	Temperatura de interpase:	N/A	
Marca:		AGA	POSCALENTAMIENTO		
Tamaño del electrodo:		3.2 mm	Temperatura:	N/A	
PROTECCIÓN		Tiempo:			N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --		Observaciones:		El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.	
Detalles de la unión y secuencia de soldadura					
					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					

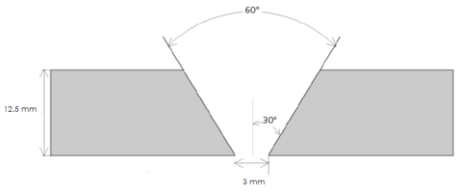
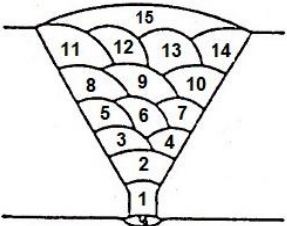
Pa se	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velo cida d de Ava nce (mm / min)	Técnica de Soldad ura
		Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polarid ad	Ampera je (Amp)	Volt aje (Vol t)		Oscilan te
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021 COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.10 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA			
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	06
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021 Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicaiz a C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN	

Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --	
METAL BASE		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
		MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN	
	MB1	MB2	
Grupo:	1	1	
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación: Rect a: Oscilante: X
Espesor de la plancha:	12.5 mm	12.5 mm	Pase: Sim ple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase: Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	de N/A
Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interpase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --		Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara .
Detalles de la unión y secuencia de soldadura			
			
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA			

Pa se	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021 COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

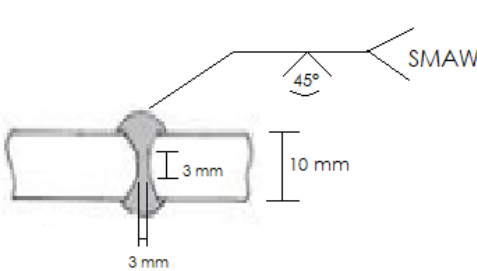
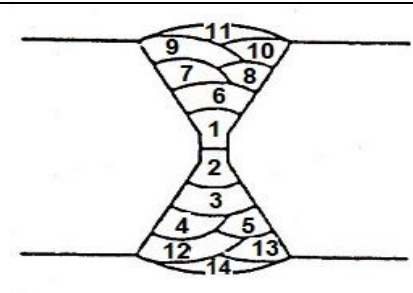
4.8.8.2 Probetas para el ensayo de impacto

- Combinación 1: E-6010 (70%), E-7018 (30%), con una junta en X (45°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.11 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	07	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--	

Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso:		
METAL BASE		DCEN		
	MB1	MB2		
Grupo:	1	1		
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA	
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Rect a: Oscilante: X
Espesor de la plancha:	10 mm	10 mm	Pase:	Sim ple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A	
Clasificación AWS:	E6010, E7018	Temperatura de interpase:	N/A	
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO		
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A	
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A	
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --		Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara .	
Detalles de la unión y secuencia de soldadura				

								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Díam. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021								
COMPAÑÍA: N/A								

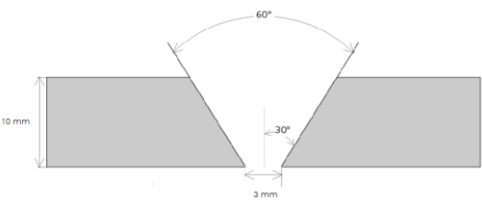
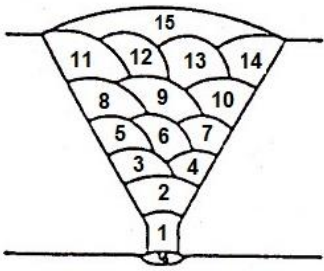
Fuente: [16]

- Combinación 2: E-6010 (70%), E-7018 (30%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.12 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA	
---	--	---

WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	08		
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--		
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha : 19/01/ 2021	Por: Reyes D.F	
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes		
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: V Simple: X Doble: Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --		
			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
			MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN		
METAL BASE					
	MB1	MB2			
Grupo:	1	1			
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA		
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Re cta:	Oscilante: X
Espesor de la plancha:	10 mm	10 mm	Pase:	Si mp le:	Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpie za entre pase:	Si: X No :	Método: Grata
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A		
Clasificación AWS:	E6010, E7018	Temperatura de interpase:	N/A		
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO			
Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A		
PROTECCIÓN			Tiempo:	N/A	
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Observaciones:			El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.	
Detalles de la unión y secuencia de soldadura					

								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
10	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021								
COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.13 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA	
---	--	---



WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Nombre de la Empresa:		UTA		Identificación N°: 09	
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW		Soporte del PQR N°: --	
Tipo:		Manual X Semiautomático Automático		Revisión: Fecha: 19/01/2021 Por: Reyes D.F	
Soldador:		Chicaiza C.J		Autorizado por: Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X		
METAL BASE			Pulso: DCEN		
		MB1	MB2		
Grupo:		1	1		
Especificación del acero:		ASTM	ASTM	TÉCNICA	
Tipo o grado:		A 572	A 572	Aportación: Recta: Oscilante : X	
Espesor de la plancha:		10 mm	10 mm	Pase: Simple: Múltiple: X	
Diámetro (tubería):		--	--	Limpieza entre pase: Si: X No: Método: Grata	
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:		A 5.1	Temperatura de precalentamiento:		N/A
Clasificación AWS:		E6011, E7018	Temperatura de interpase:		N/A
Marca:		AGA	POSCALENTAMIENTO		
Tamaño del electrodo:		3.2 mm	Temperatura:		N/A
PROTECCIÓN			Tiempo:		N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --			Observaciones:		El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.

Detalles de la unión y secuencia de soldadura								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
FECHA: 19/01/2021								
COMPAÑÍA: N/A								

Fuente: [16]

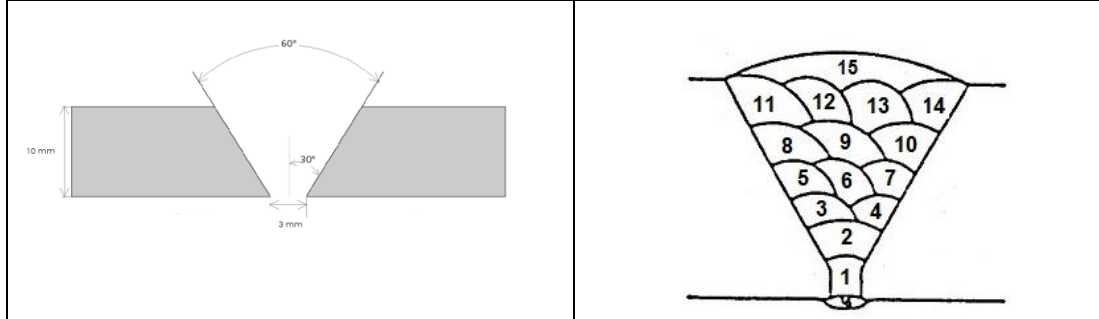
- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm.

Tabla 4.14 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:		UTA		Identificación N°:		10
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW		Soporte del PQR N°:		--
Tipo:		Manual X Semiautomático Automático		Revisión:		Fecha: 19/01/2021 Por: Reyes D.F
Soldador:		Chicaiza C.J		Autorizado por:		Ing. Mg. Juan Paredes
DISEÑO DE UNIÓN				POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril				Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --		
				CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
				MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN		
METAL BASE				TÉCNICA		
		MB1	MB2			
Grupo:		1	1			
Especificación del acero:		ASTM	ASTM	Aportación: Recta: Oscilante: X Pase: Simple: Múltiple: X Limpieza entre pase: Si: X No: Grata		
Tipo o grado:		A 572	A 572			
Espesor de la plancha:		10 mm	10 mm			
Diámetro (tubería):		--	--			
METAL DE APORTE				PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:		A 5.1		Temperatura de precalentamiento:		N/A
Clasificación AWS:		E6011, E7018		Temperatura de interpase:		N/A
Marca:		AGA		POSCALENTAMIENTO		
Tamaño del electrodo:		3.2 mm		Temperatura:		N/A
PROTECCIÓN				Tiempo:		N/A

Fundente: Revestimiento Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara .
---	---------	----------------	--

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA



Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (m m)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
11	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
12	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X

FECHA: 19/01/2021
 COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

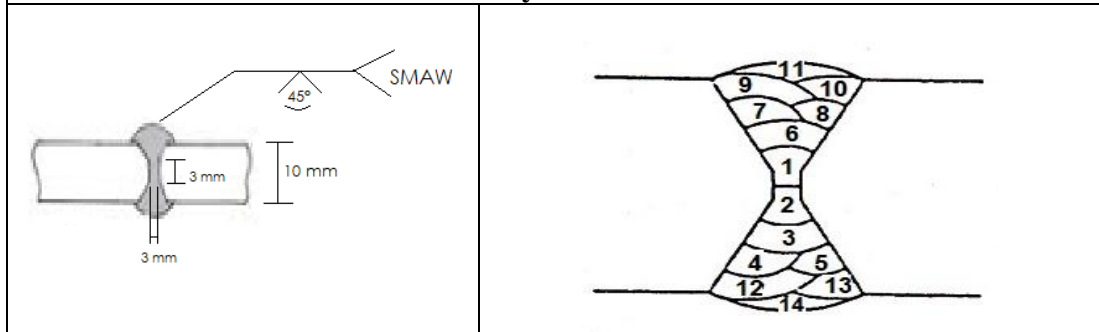
- Combinación 5: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en X (45°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.15 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	11			
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--			
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha:	19/01/2021		Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes			
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --			
			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
			MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE						
	MB1	MB2				
Grupo:	1	1				
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA			
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante: X	
Espesor de la plancha:	10 mm	10 mm	Pase:	Simple:	Múltiple: X	
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata	
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	de		N/A	
Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interpase:			N/A	
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO				

Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Observaciones:		El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara .

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA



Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X

FECHA: 19/01/2021
COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

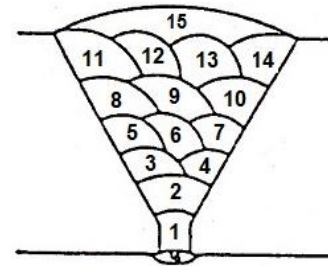
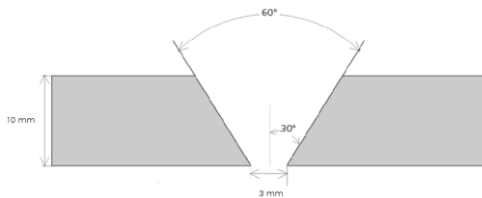
- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.16 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:		UTA	Identificación N°:		12	
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW	Soporte del PQR N°:		--	
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático		Revisión:	Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F	
Soldador:		Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes		
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE						
	MB1	MB2				
Grupo:	1	1				
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA			
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante: X	
Espesor de la plancha:	10 mm	10 mm	Pase:	Simple:	Múltiple: X	
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata	
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:	A 5.1		Temperatura de precalentamiento:		N/A	
Clasificación AWS:	E6011, E7018		Temperatura de interpase:		N/A	
Marca:	AGA		POSCALENTAMIENTO			

Tamaño del electrodo:	3.2 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.
Composición: --			
Velocidad de flujo: --			
Tamaño de la boquilla: --			

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	3.2	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35	90	X



FECHA: 19/01/2021
 COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

4.8.8.3 Probetas para el ensayo de propagación de grieta

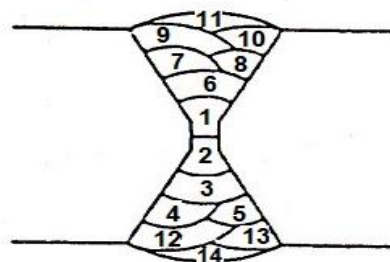
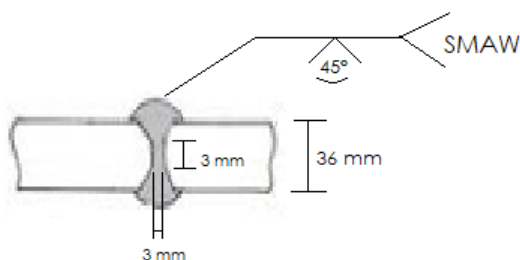
- Combinación 1: E-6010 (70%), E-7018 (30%), con junta en X (45°) con espesores de 36 mm

Tabla 4.17 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:		13		
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:		--		
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha:	Por: Reyes D.F		
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes			
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --			
			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
			MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE						
	MB1	MB2				
Grupo:	1	1				
METAL DE APORTE			TÉCNICA			
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	Aportación:	Recta:	Oscilante: X	
Tipo o grado:	A 572	A 572	Pase:	Simple:	Múltiple: X	
Espesor de la plancha:	36 mm	36 mm	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata	
Diámetro (tubería):	--	--				
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:	A 5.1		Temperatura de precalentamiento:	N/A		
Clasificación AWS:	E6010, E7018		Temperatura de interpase:	N/A		

Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.
Composición: --			
Velocidad de flujo: --			
Tamaño de la boquilla: --			

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X



FECHA: 19/01/2021

COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

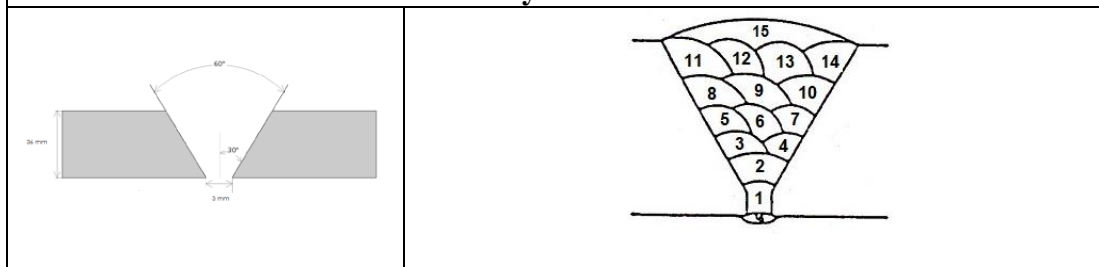
- Combinación 2: E-6010 (70%), E-7018 (30%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.18 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:		UTA	Identificación N°:		14	
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW	Soporte del PQR N°:		--	
Tipo:	Manual X Semiautomático o Automático	Revisión:		Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F	
Soldador:		Chicaiza C.J	Autorizado por:		Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: V Simple: X Doble: Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --			
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS						
MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN						
METAL BASE						
		MB1	MB2			
Grupo:		1	1			
Especificación del acero:		ASTM	ASTM	TÉCNICA		
Tipo o grado:		A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante: X
Espesor de la plancha:		36 mm	36 mm	Pase:	Simple:	Múltiple: X
Diámetro (tubería):		--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:		A 5.1	Temperatura de precalentamiento:		N/A	

Clasificación AWS:	E6010, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN	Tiempo:		N/A
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Observaciones:		El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara .

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
2	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
3	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
4	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
5	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
6	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
7	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
8	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
9	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
10	SMAW	E-6010	4.8	CA.CC.	110	35	90	X
11	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X

FECHA: 19/01/2021
COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

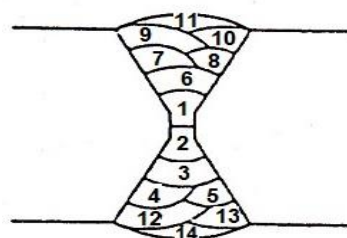
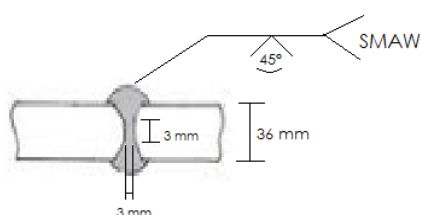
- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.19 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA				
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:			15	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:			--	
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha:	Por: Reyes D.F		
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes			
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN			
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --			
			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
			MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN			
METAL BASE						
	MB1	MB2				
Grupo:	1	1				
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA			
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta:	Oscilante: X	
Espesor de la plancha:	36 mm	36 mm	Pase:	Simple:	Múltiple: X	
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No:	Método: Grata	
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO			
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A			

Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento -- Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Gas:	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X



FECHA: 19/01/2021

COMPañIA: N/A

Fuente: [16]

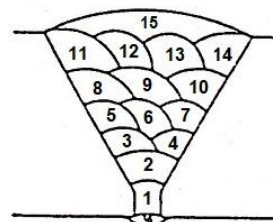
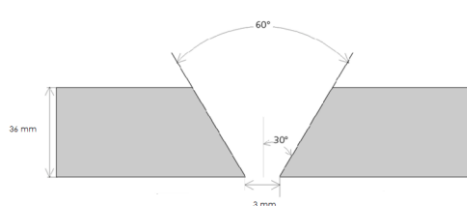
- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.20 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	16	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--	
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión n:	Fecha: 19/01/2021	Por: Reyes D.F
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --		
		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
		MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN		
METAL BASE				
	MB1	MB2		
Grupo:	1	1		
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA	
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación:	Recta: Oscilante: X
Espesor de la plancha:	36 mm	36 mm	Pase:	Simple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A	

Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
10	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
11	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
12	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X



FECHA: 19/01/2021

COMPañIA: N/A

Fuente: [16]

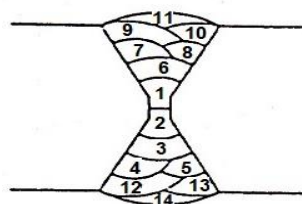
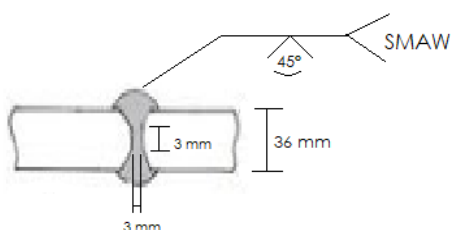
- Combinación 5: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en X (45°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.21 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 5

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA		
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA			
Nombre de la Empresa:	UTA	Identificación N°:	17
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Soporte del PQR N°:	--
Tipo:	Manual X Semiautomático Automático	Revisión:	Fecha: 19/01/2021
Soldador:	Chicaiza C.J	Autorizado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN	
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril		Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --	
		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
		MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN	
METAL BASE			
	MB1	MB2	
Grupo:	1	1	
Especificación del acero:	ASTM	ASTM	TÉCNICA
Tipo o grado:	A 572	A 572	Aportación: Rect a: Oscilante : X
Espesor de la plancha:	36 mm	36 mm	Pase: Sim ple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):	--	--	Limpieza entre pase: Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación AWS:	A 5.1	Temperatura de precalentamiento:	N/A

Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara.

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
6	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X



FECHA: 19/01/2021

COMPAÑÍA: N/A

Fuente: [16]

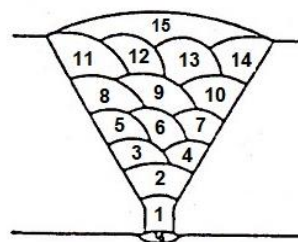
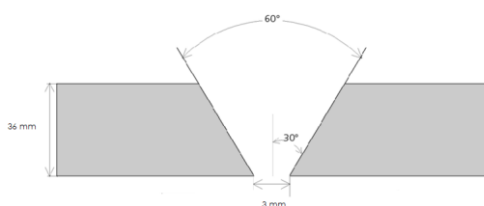
- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.22 Especificación del procedimiento de soldadura para la combinación 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MANUFACTURA			
WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Nombre de la Empresa:		UTA		Identificación N°: 18	
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW		Soporte del PQR N°: --	
Tipo:		Manual X Semiautomático Automático		Revisión: Fecha: 19/01/2021 Por: Reyes D.F	
Soldador:		Chicaiza C.J		Autorizado por: Ing. Mg. Juan Paredes	
DISEÑO DE UNIÓN			POSICIÓN		
Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura: Ranura en: X Simple: Doble: X Abertura de raíz: 3mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio: (J/U) Soporte: Si: No: X Material de aporte: -- Limpieza de raíz: Si: X No: Método: Esmeril			Ranura: 1G Filete: -- Plancha: X Tubería: --		
			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
			MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW) N/A Corto circuito Globular Spray Corriente Proceso SMAW: AC: DCEP: X Pulso: DCEN		
METAL BASE					
		MB1	MB2		
Grupo:		1	1		
Especificación del acero:		ASTM	ASTM	TÉCNICA	
Tipo o grado:		A 572	A 572	Aportación:	Recta: Oscilante: X
Espesor de la plancha:		36 mm	36 mm	Pase:	Simple: Múltiple: X
Diámetro (tubería):		--	--	Limpieza entre pase:	Si: X No: Método: Grata
METAL DE APORTE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación AWS:		A 5.1		Temperatura de precalentamiento: N/A	

Clasificación AWS:	E6011, E7018	Temperatura de interfase:	N/A
Marca:	AGA	POSCALENTAMIENTO	
Tamaño del electrodo:	4.8 mm	Temperatura:	N/A
PROTECCIÓN		Tiempo:	N/A
Fundente: Revestimiento Composición: -- Velocidad de flujo: -- Tamaño de la boquilla: --	Gas: --	Observaciones:	El último pase en el cordón de soldadura se lo maquinara

Detalles de la unión y secuencia de soldadura



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	Metales de Aporte		CORRIENTE			Velocidad de Avance (mm / min)	Técnica de Soldadura
		Clase	Dia (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		Oscilante
1	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
2	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
3	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
4	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
5	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
6	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
7	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
8	SMAW	E-6011	4.8	CA.CC.	120	35	90	X
9	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
10	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
11	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
12	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
13	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
14	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X
15	SMAW	E-7018	4.8	CA.CC.	150	35	90	X

FECHA: 19/01/2021

COMPañIA: N/A

Fuente: [16]

4.8.9 PQR (registro de calificación del procedimiento de soldadura)

4.8.9.1 Ensayo de tracción

- Combinación 1: E-6010 (70%), E-7018 (30%), con junta en X (45°), espesor de 12.5 mm

Tabla 4.23 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO													
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 01 Basado en el WPS N°: 01 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:												
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --												
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --												
METALES BASE <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">MB1</td> <td style="text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril
	MB1	MB2											
Grupo:	1	1											
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572											
Grado:	50	50											

Espesor de plancha: 12.5 mm 12.5 mm		Diámetro (tubería): -- --							
METAL DE APORTE				PRECALENTAMIENTO					
Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6010 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm				Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interfase: --					
PROTECCIÓN				POSTCALENTAMIENTO					
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				Temperatura: -- Tiempo: --					
Pase	Proceso	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
9	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
10	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
FECHA: 21/01/2021				ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					
COMPañÍA: UTA				APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
ENSAYO DE TRACCIÓN									
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓN N (mm ²)	CARGA MÁXIM A (KN)	CARGA DE ROTUR A (KN)	TEMPERATUR A DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓ N DE LA ROTURA		
1	20	12.5	150	76.8	42.2	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
2	20	12.5	150	81.9	58.6	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
3	20	12.5	150	75.9	52.09	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
INSPECCIÓN VISUAL									
APARIENCIA:				BUENA					
SOCAVAMIENTO:				NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:				NINGUNA					
POROSIDAD GRANDE:				NINGUNA					

METALES BASE								APORTACIÓN:	
Grupo:		MB1	MB2	RECTA: --		OSCILANTE: X			
Especificación del acero:		ASTM A572	ASTM A572	PASE:		SIMPLE: --		MÚLTIPLE: X	
Grado:		50	50	Limpieza entre pases: Si: X		No:			
Espesor de plancha:		12.5 mm	12.5 mm	Método: Esmeril					
Diámetro (tubería):		--	-						
METAL DE APORTE				PRECALENTAMIENTO					
Especificación AWS: A 5.1				Temperatura de precalentamiento: --					
Clasificación AWS: E-6010 y E-7018				Temperatura de interpase: --					
Marca: AGA									
Tamaño del electrodo: 3.2 mm									
PROTECCIÓN				POSTCALENTAMIENTO					
Fundente: Revestimiento		Gas: --		Temperatura: --					
Composición:				Tiempo: --					
Velocidad de flujo:									
Tamaño de la boquilla:									
Pase	Proceso	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
2	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
3	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
4	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
5	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
6	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
7	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
8	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
9	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
10	SMAW	E-6010	3.2	CA.CC.	110	35		90	
11	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
12	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
13	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
14	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
15	SMAW	E-7018	3.2	CA.CC.	150	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes FECHA: 21/01/2021 COMPAÑÍA: UTA									
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
ENSAYO DE TRACCIÓN									
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓN N (mm ²)	CARGA MÁXIMA A (KN)	CARGA DE ROTURA A (KN)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA		
1	20	12.5	150	72.7	51.8	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
2	20	12.5	150	75.7	53.8	17	FUERA DE LA SOLDADURA		

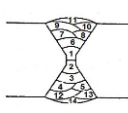
3	20	12.5	150	68.8	43.8	17	FUERA DE LA SOLDADURA																																																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="8">INSPECCIÓN VISUAL</td> </tr> <tr> <td colspan="4">APARIENCIA:</td> <td colspan="4">BUENA</td> </tr> <tr> <td colspan="4">SOCAVAMIENTO:</td> <td colspan="4">NINGUNO</td> </tr> <tr> <td colspan="4">POROSIDAD PEQUEÑA:</td> <td colspan="4">NINGUNA</td> </tr> <tr> <td colspan="4">POROSIDAD GRANDE:</td> <td colspan="4">NINGUNA</td> </tr> <tr> <td colspan="4">CONVEXIDAD:</td> <td colspan="4">NINGUNA</td> </tr> <tr> <td colspan="4">FECHA DE ENSAYO:</td> <td colspan="4">Enero 2021</td> </tr> <tr> <td colspan="4">INSPECCIONADO POR:</td> <td colspan="4">Ing. Diego Reyes</td> </tr> </table>								INSPECCIÓN VISUAL								APARIENCIA:				BUENA				SOCAVAMIENTO:				NINGUNO				POROSIDAD PEQUEÑA:				NINGUNA				POROSIDAD GRANDE:				NINGUNA				CONVEXIDAD:				NINGUNA				FECHA DE ENSAYO:				Enero 2021				INSPECCIONADO POR:				Ing. Diego Reyes			
INSPECCIÓN VISUAL																																																																							
APARIENCIA:				BUENA																																																																			
SOCAVAMIENTO:				NINGUNO																																																																			
POROSIDAD PEQUEÑA:				NINGUNA																																																																			
POROSIDAD GRANDE:				NINGUNA																																																																			
CONVEXIDAD:				NINGUNA																																																																			
FECHA DE ENSAYO:				Enero 2021																																																																			
INSPECCIONADO POR:				Ing. Diego Reyes																																																																			
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J ENSAYOS CONducIDOS POR: Ing. Diego Reyes Ensayo de Laboratorio N°:				Identidad N°:																																																																			
<p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p>																																																																							
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes				FECHA: 21/01/2021																																																																			

Fuente: [16]

- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.25 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 03 Basado en el WPS N°: 03 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: -- DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U):	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril				MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																													
METALES BASE <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">MB1</td> <td></td> <td style="text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td></td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td></td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;">12.5 mm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">12.5 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;">--</td> <td></td> <td style="text-align: center;">--</td> </tr> </table>					MB1		MB2	Grupo:	1		1	Especificación del acero:	ASTM A572		ASTM A572	Grado:	50		50	Espesor de plancha:	12.5 mm		12.5 mm	Diámetro (tubería):	--		--	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril					
	MB1		MB2																														
Grupo:	1		1																														
Especificación del acero:	ASTM A572		ASTM A572																														
Grado:	50		50																														
Espesor de plancha:	12.5 mm		12.5 mm																														
Diámetro (tubería):	--		--																														
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm				PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interpase: --																													
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --																													
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																																	
Pase	Proceso	Progr e	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura																							
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)																										
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
5	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								
9	SMAW		E-6011	3.2	CA.C	120	35		90																								

10	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
11	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
12	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes						FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCIÓN										
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓN N (mm ²)	CARGA MÁXIM A (KN)	CARGA DE ROTUR A (KN)	TEMPERATUR A DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓ N DE LA ROTURA			
1	20	12.5	150	77.2	48.6	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
2	20	12.5	150	76.5	52.1	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
3	20	12.5	150	76.3	52.8	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
INSPECCIÓN VISUAL										
APARIENCIA:					BUENA					
SOCAVAMIENTO:					NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:					NINGUNA					
POROSIDAD GRANDE:					NINGUNA					
CONVEXIDAD:					NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:					Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:					Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:					
ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: Ing. Diego Reyes										
Ensayo de Laboratorio N°:										
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.										
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes										
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					FECHA: 21/01/2021					

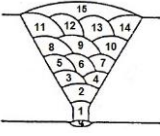
Fuente: [16]

- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.26 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS	Identificación N°: 04

Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMI AUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Basado en el WPS N°: 04 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:																		
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: -- Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																		
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																		
	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril																		
METALES BASE <table data-bbox="296 1144 879 1547"> <thead> <tr> <th></th> <th>MB1</th> <th>MB2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupo:</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td>ASTM A572</td> <td>ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td>12.5 mm</td> <td>12.5 mm</td> </tr> <tr> <td>Díámetro (tubería):</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> </tbody> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	12.5 mm	12.5 mm	Díámetro (tubería):	--	--	PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interfase: --
	MB1	MB2																	
Grupo:	1	1																	
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																	
Grado:	50	50																	
Espesor de plancha:	12.5 mm	12.5 mm																	
Díámetro (tubería):	--	--																	
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm	POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --																		
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																		

Pase	Proceso	Progre	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
5	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
9	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
10	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
11	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
12	SMAW		E-6011	3.2	CA.C C.	120	35		90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	
15	SMAW		E-7018	3.2	CA.C C.	150	35		90	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
 APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
 COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

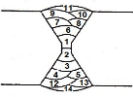
ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA DE ROTURA (KN)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	20	12.5	150	72.9	49.3	17	FUERA DE LA SOLDADURA
2	20	12.5	150	76.8	51.8	17	FUERA DE LA SOLDADURA
3	20	12.5	150	75.0	45.5	17	FUERA DE LA SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL

APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	POCA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA
CONVEXIDAD:	NINGUNA
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes

NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J
 ENSAYOS CONDUCCIDOS POR: Ing. Diego Reyes
 Ensayo de Laboratorio N°:

Identidad N°:

Espesor de plancha: 12.5 mm 12.5 mm Diámetro (tubería): -- --										
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm				PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interfase: --						
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	P r o c e s o	P o r t e	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			C	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Voli)			
1	S M A W	E	3.2	CA.CC	120	35		90		
2										
3										
4										
5										
6										
7										

8	S M A W	E - 6 0 1 1	3.2	CA.CC	120	35		90
9	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90
10	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90
11	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90
12	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90
13	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90
14	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.CC	150	35		90

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
 APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
 COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓ N (mm^2)	CARGA MÁXIM A (KN)	CARGA DE ROTUR A (KN)	TEMPERATUR A DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓ N DE LA ROTURA
1	20	12.5	150	72.2	53.2	17	FUERA DE LA SOLDADURA
2	20	12.5	150	76.7	55.3	17	FUERA DE LA SOLDADURA
3	20	12.5	150	75.1	45.5	17	FUERA DE LA SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL

APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	POCA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA
CONVEXIDAD:	NINGUNA
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes

NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J

Identidad N°:

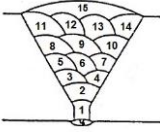
ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: Ing. Diego Reyes Ensayo de Laboratorio N°:	
<p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p>	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes FECHA: 21/01/2021	

Fuente: [16]

- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 12.5 mm

Tabla 4.28 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 6

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO										
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 06 Basado en el WPS N°: 06 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:									
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --									
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --									
METALES BASE <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">MB1</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación			TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No:
	MB1	MB2								
Grupo:	1	1								
Especificación										

del acero: ASTM A572 ASTM A572		Método: Esmeril								
Grado: 50 50										
Espesor de										
plancha: 12.5 mm 12.5 mm										
Diámetro (tubería): -- --										
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO								
Especificación AWS: A 5.1		Temperatura de precalentamiento: --								
Clasificación AWS: E-6011 y E-7018		Temperatura de interfase: --								
Marca: AGA										
Tamaño del electrodo: 3.2 mm										
PROTECCIÓN		POSTCALENTAMIENTO								
Fundente: Revestimiento Gas: --		Temperatura: --								
Composición:		Tiempo: --								
Velocidad de flujo:										
Tamaño de la boquilla:										
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	P r o c e s o	P o r t e	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			C	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
2	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
3	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
4	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
5	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
6	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	
7	S	M	E	3.2	CA.C	120	35		90	

	A W	0 1 1						
8	S M A W	E - 6 0 1 1	3.2	CA.C C.	120	35		90
9	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
10	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
11	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
12	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
13	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
14	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
15	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					FECHA: 21/01/2021 COMPAÑÍA: UTA			
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS								
ENSAYO DE TRACCIÓN								
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓ N (mm^2)	CARGA MÁXIM A (KN)	CARGA DE ROTUR A (KN)	TEMPERATUR A DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓ N DE LA ROTURA	
1	20	12.5	150	79.3	52.9	17	FUERA DE LA SOLDADURA	
2	20	12.5	150	75.6	52.9	17	FUERA DE LA SOLDADURA	
3	20	12.5	150	81.2	60.4	17	FUERA DE LA SOLDADURA	
INSPECCIÓN VISUAL								
APARIENCIA:				BUENA				
SOCAVAMIENTO:				NINGUNO				

Limpieza de raíz: Si: X No:		GLOBULAR: --							
Método: esmeril		SPRAY: --							
		CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --							
		TÉCNICA							
METALES BASE		APORTACIÓN:							
MB1 MB2		RECTA: -- OSCILANTE: X							
Grupo: 1 1		PASE:							
Especificación del acero: ASTM A572 ASTM A572		SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X							
Grado: 50 50		Limpieza entre pases: Si: X No:							
Espesor de plancha: 10 mm 10 mm		Método: Esmeril							
Diámetro (tubería): -- --									
METAL DE APORTE		PRECALENTAMIENTO							
Especificación AWS: A 5.1		Temperatura de precalentamiento: --							
Clasificación AWS: E-6010 y E-7018		Temperatura de interpase: --							
Marca: AGA									
Tamaño del electrodo: 3.2 mm									
PROTECCIÓN		POSTCALENTAMIENTO							
Fundente: Revestimiento Gas: --		Temperatura: --							
Composición:		Tiempo: --							
Velocidad de flujo:									
Tamaño de la boquilla:									
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Pase	Proceso	Progresión	Metales de aporte		Corriente		Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)			
1	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
2	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
3	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
4	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
5	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
6	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
7	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
8	SMAW		E-6010	3.2	CA.CC	110	35	90	
9	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	
10	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	
11	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	

12	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						FECHA: 21/01/2021 COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCIÓN										
PROBET A N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	Resultado en (J)	Resultado en (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA			
1	20	12.5	150	100	10.2	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
2	20	12.5	150	40	4.08	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
3	20	12.5	150	85	8.67	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
INSPECCIÓN VISUAL										
APARIENCIA:					BUENA					
SOCAVAMIENTO:					NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:					NINGUNA					
POROSIDAD GRANDE:					NINGUNA					
CONVEXIDAD:					NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:					Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:					Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:					
ENSAYOS CONDUCCIDOS POR: Ing. Diego Reyes										
Ensayo de Laboratorio N°:										
<p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p>										
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021					
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes										

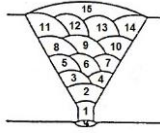
Fuente: [16]

- Combinación 2: E-6010 (70%), E-7018 (30%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.30 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 2

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL:X	Identificación N°: 08 Basado en el WPS N°: 08 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:

SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J																							
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril		POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																					
		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																					
METALES BASE <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MB1</th> <th>MB2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupo:</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td>ASTM A572</td> <td>ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td>10 mm</td> <td>10 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> </tbody> </table>			MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	10 mm	10 mm	Diámetro (tubería):	--	--	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril			
	MB1	MB2																					
Grupo:	1	1																					
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																					
Grado:	50	50																					
Espesor de plancha:	10 mm	10 mm																					
Diámetro (tubería):	--	--																					
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6010 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm		PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interpase: --																					
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:		POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --																					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																							
Pase	P r o c e d i m e n t o	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Metales de aporte</th> <th colspan="3">Corriente</th> <th>Velocidad de alimentación del</th> <th>Velocidad de avance</th> <th>Detalles de la unión y secuencia de soldadura</th> </tr> <tr> <th>C Diámetro</th> <th>Tipo y polaridad</th> <th>Amperaje</th> <th>Voltaje</th> <th>n del</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Metales de aporte	Corriente			Velocidad de alimentación del	Velocidad de avance	Detalles de la unión y secuencia de soldadura	C Diámetro	Tipo y polaridad	Amperaje	Voltaje	n del									
Metales de aporte	Corriente			Velocidad de alimentación del	Velocidad de avance	Detalles de la unión y secuencia de soldadura																	
C Diámetro	Tipo y polaridad	Amperaje	Voltaje	n del																			

	es o	ase	(mm)		(Amp)	(Volt)	alambre (mm/min)	(mm/min)	
1	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
2	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
3	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
4	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
5	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
6	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
7	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
8	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
9	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
10	S M A W	E - 6 0 1 0	3.2	CA.C C.	110	35		90	
11	S M A W	E - 7 0 1 8	3.2	CA.C C.	150	35		90	
12	S M A W	E - 7 0	3.2	CA.C C.	150	35		90	

			18						
13	SMAW	E	3.2	CA.C C.	150	35		90	
14	SMAW	E	3.2	CA.C C.	150	35		90	
15	SMAW	E	3.2	CA.C C.	150	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
ENSAYO DE TRACCIÓN									
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	RESULTADO EN (J)	RESULTADO EN (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA		
1	20	12.5	150	60	6.12	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
2	20	12.5	150	40	4.08	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
3	20	12.5	150	65	6.63	17	FUERA DE LA SOLDADURA		
INSPECCIÓN VISUAL									
APARIENCIA:				BUENA					
SOCAVAMIENTO:				NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:				POCA					
POROSIDAD GRANDE:				NINGUNA					
CONVEXIDAD:				NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:				Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:				Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:				
ENSAYOS CONDUCCIDOS POR: Ing. Diego Reyes									
Ensayo de Laboratorio N°:									
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.									
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes									

Fuente: [16]

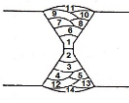
- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.31 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO																						
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 09 Basado en el WPS N°: 09 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:																					
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: -- DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																					
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																					
METALES BASE <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">MB1</td> <td style="text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;">10 mm</td> <td style="text-align: center;">10 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;">--</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	10 mm	10 mm	Diámetro (tubería):	--	-	-			TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril
		MB1	MB2																			
Grupo:	1	1																				
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																				
Grado:	50	50																				
Espesor de plancha:	10 mm	10 mm																				
Diámetro (tubería):	--	-																				
-																						
METAL DE APORTE	PRECALENTAMIENTO																					

Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm	Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interfase: --
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:	POSTCALENTAMIENTO Gas: -- Temperatura: -- Tiempo: --

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase	Proceso	P r o g	Metales de aporte		Corriente		Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)			
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
5	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
9	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
10	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	
11	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	
12	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35	90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35	90	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
 APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
 COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	RESULTADO EN (J)	RESULTADO EN (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	20	12.5	150	95	9.69	17	FUERA DE SOLDADURA
2	20	12.5	150	45	4.59	17	FUERA DE SOLDADURA
3	20	12.5	150	130	13.26	17	FUERA DE SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL

APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	NINGUNA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA
CONVEXIDAD:	NINGUNA
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes

NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J
 ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: Ing. Diego Reyes
 Ensayo de Laboratorio N°:

Identidad N°:

Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes	FECHA: 21/01/2021
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes	

Fuente: [16]

- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm.

Tabla 4.32 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 10 Basado en el WPS N°: 10 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: -- Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --
METALES BASE MB1 MB2 Grupo: 1 1 Especificación	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril

del acero:	ASTM A572	ASTM A572
Grado:	50	50
Espesor de plancha:	10 mm	10 mm
Diámetro (tubería):	--	--

METAL DE APORTE	PRECALENTAMIENTO
Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm	Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interfase: --

PROTECCIÓN	POSTCALENTAMIENTO
Fundente: Revestimiento Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:	Gas: -- Temperatura: -- Tiempo: --

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Progr	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
5	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
9	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
10	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
11	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
12	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
15	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	RESULTADOS EN (J)	RESULTADO EN (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	20	12.5	150	40	4.08	17	FUERA DE SOLDADURA
2	20	12.5	150	55	5.61	17	FUERA DE SOLDADURA
3	20	12.5	150	50	5.10	17	FUERA DE SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL

APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO

					CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --					
METALES BASE					TÉCNICA					
Grupo: MB1 MB2 1 1 Especificación del acero: ASTM A572 ASTM A572 Grado: 50 50 Espesor de plancha: 10 mm 10 mm Diámetro (tubería): -- --					APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril					
METAL DE APORTE					PRECALENTAMIENTO					
Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm					Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interpase: --					
PROTECCIÓN					POSTCALENTAMIENTO					
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:					Temperatura: -- Tiempo: --					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Progr	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
5	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90	
9	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
10	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
11	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
12	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021					
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					COMPAÑÍA: UTA					
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCIÓN										
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	RESULTADO EN (J)	RESULTADO EN (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA			

1	20	12.5	150	60	6.12	17	FUERA DE SOLDADURA	LA
2	20	12.5	150	50	5.1	17	FUERA DE SOLDADURA	LA
3	20	12.5	150	45	4.59	17	FUERA DE SOLDADURA	LA

INSPECCIÓN VISUAL	
APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	POCA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA
CONVEXIDAD:	NINGUNA
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes

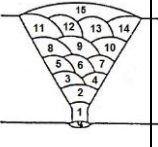
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J	Identidad N°:
ENSAYOS CONDUCTOS POR: Ing. Diego Reyes	
Ensayo de Laboratorio N°:	
<p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p>	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes	FECHA: 21/01/2021
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes	

Fuente: [16]

- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 10 mm

Tabla 4.34 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 6

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 12 Basado en el WPS N°: 12 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE:	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --

<p>Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril</p>				<p>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</p> <p>MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: --</p> <p>CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --</p>																													
<p>METALES BASE</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>MB1</td> <td></td> <td>MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td>ASTM A572</td> <td></td> <td>ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td>50</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td>10 mm</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td>--</td> <td></td> <td>--</td> </tr> </table>					MB1		MB2	Grupo:	1		1	Especificación del acero:	ASTM A572		ASTM A572	Grado:	50		50	Espesor de plancha:	10 mm		10	Diámetro (tubería):	--		--	<p>TÉCNICA</p> <p>APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X</p> <p>Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril</p>					
	MB1		MB2																														
Grupo:	1		1																														
Especificación del acero:	ASTM A572		ASTM A572																														
Grado:	50		50																														
Espesor de plancha:	10 mm		10																														
Diámetro (tubería):	--		--																														
<p>METAL DE APORTE</p> <p>Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 3.2 mm</p>				<p>PRECALENTAMIENTO</p> <p>Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interpase: --</p>																													
<p>PROTECCIÓN</p> <p>Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:</p>				<p>POSTCALENTAMIENTO</p> <p>Temperatura: -- Tiempo: --</p>																													
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																																	
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura																							
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)																										
1	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
2	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
3	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
4	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
5	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
6	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
7	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
8	SMAW		E-6011	3.2	CA.CC	120	35		90																								
9	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90																								

10	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
11	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
12	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
13	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
14	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
15	SMAW		E-7018	3.2	CA.CC	150	35		90
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes						FECHA: 21/01/2021			
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						COMPañÍA: UTA			
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
ENSAYO DE TRACCIÓN									
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm^2)	RESULTADO EN (J)	RESULTADO EN (Kg/m)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE ($^{\circ}C$)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA		
1	20	12.5	150	105	10.71	17	FUERA DE SOLDADURA		LA
2	20	12.5	150	110	11.22	17	FUERA DE SOLDADURA		LA
3	20	12.5	150	60	6.12	17	FUERA DE SOLDADURA		LA
INSPECCIÓN VISUAL									
APARIENCIA:				BUENA					
SOCAVAMIENTO:				NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:				NINGUNA					
POROSIDAD GRANDE:				NINGUNA					
CONVEXIDAD:				NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:				Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:				Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:				
ENSAYOS CONDUCIDOS POR: Ing. Diego Reyes									
Ensayo de Laboratorio N°:									
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.									
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes									

Fuente: [16]

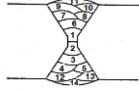
4.8.9.3 Ensayo de propagación de grieta

- Combinación 1: E-6010 (70%), E-7018 (30%), con junta en X (45°) con espesores de 36 mm

Tabla 4.35 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO			
Nombre de la Empresa: TESIS		Identificación N°:	
Proceso(s) de soldadura: SMAW		13	
TIPO:		Basado en el WPS N°: 13	
MANUAL:X		Revisión:	Fecha: Por:

SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J				Autorizado por:																							
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril				POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																							
				CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																							
				TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril																							
METALES BASE <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">MB1</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;">36 mm</td> <td style="text-align: center;">36 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;">--</td> <td style="text-align: center;">--</td> </tr> </table>					MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	36 mm	36 mm	Diámetro (tubería):	--	--						
	MB1	MB2																									
Grupo:	1	1																									
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																									
Grado:	50	50																									
Espesor de plancha:	36 mm	36 mm																									
Diámetro (tubería):	--	--																									
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6010 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 4.8 mm				PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interpase: --																							
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --																							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA																											
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del	Velocidad de avance	Detalles de la unión y secuencia de soldadura																	
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)																				

								alambre (mm/min)	(mm/min)	
1	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
2	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
3	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
4	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
5	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
6	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
7	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
8	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
9	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
10	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
11	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
12	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes						FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCIÓN										
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA			
1	12.5	36	150	15.6	1590.76	17	FUERA DE SOLDADURA			
2	12.5	36	150	12.1	1233.86	17	FUERA DE SOLDADURA			
3	12.5	36	150	21.3	2172	17	FUERA DE SOLDADURA			
INSPECCIÓN VISUAL										
APARIENCIA:					BUENA					
SOCAVAMIENTO:					NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:					POCA					
POROSIDAD GRANDE:					NINGUNA					
CONVEXIDAD:					NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:					Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:					Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:					
ENSAYOS CONDUCCIDOS POR: Ing. Diego Reyes										
Ensayo de Laboratorio N°:										
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.										
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes										
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					FECHA: 21/01/2021					

Fuente: [16]

- Combinación 2: E-6010 (70%), E-7018 (30%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.36 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 2

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO																			
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 14 Basado en el WPS N°: 14 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:																		
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																		
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: - - PULSO: -- DCEN: - -																		
	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril																		
METALES BASE <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">MB1</td> <td style="text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;">36 mm</td> <td style="text-align: center;">36 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;">--</td> <td style="text-align: center;">--</td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	36 mm	36 mm	Diámetro (tubería):	--	--	
	MB1	MB2																	
Grupo:	1	1																	
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																	
Grado:	50	50																	
Espesor de plancha:	36 mm	36 mm																	
Diámetro (tubería):	--	--																	
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6010 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 4.8 mm	PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interpase: --																		

PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Composición: Velocidad de flujo: de la boquilla:	Gas: -- Tamaño	POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --
--	-----------------------	---

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Díametro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Volaje (Volt)			
1	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
2	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
3	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
4	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
5	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
6	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
7	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
8	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
9	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	180	35		50	
10	SMAW		E-6010	4.8	CA.CC.	250	35		50	
11	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
12	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
15	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes
FECHA: 21/01/2021
COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS							
ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA Nº.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA EN (KN)	CARGA EN (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	12.5	36	150	31.2	3181.51	17	FUERA DE SOLDADURA
2	12.5	36	150	35.08	3577.11	17	FUERA DE SOLDADURA
3	12.5	36	150	31.49	3211.04	17	FUERA DE SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL	
APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	POCA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA
CONVEXIDAD:	NINGUNA
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes

NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J Identidad N°:
ENSAYOS CONDUCTOS POR: Ing. Diego Reyes
Ensayo de Laboratorio N°:

Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes	FECHA: 21/01/2021
--	-------------------

Fuente: [16]

- Combinación 3: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en X (45°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.37 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 3

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO													
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 15 Basado en el WPS N°: 15 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:												
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: -- DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: -- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: - - PULSO: -- DCEN: - -												
METALES BASE <table border="0"> <tr> <td></td> <td>MB1</td> <td>MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td>ASTM A572</td> <td>ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril
	MB1	MB2											
Grupo:	1	1											
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572											
Grado:	50	50											

Espesor de plancha: 36 mm 36 mm Diámetro (tubería): -- --	
METAL DE APORTE Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 4.8 mm	PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interfase: --
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:	POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
2	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.		35		50	
3	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
4	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
5	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
6	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
7	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
8	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
9	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
10	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
11	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
12	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		50	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		50	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
 APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
 COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA A EN (KN)	CARGA EN (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	12.5	36	150	9.59	977.91	17	FUERA DE SOLDADURA
2	12.5	36	150	24.71	2519.68	17	FUERA DE SOLDADURA
3	12.5	36	150	24.24	2471.75	17	FUERA DE SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL	
APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO
POROSIDAD PEQUEÑA:	POCA
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA

CONVEXIDAD:	NINGUNA	
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021	
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes	
<p>NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J Identidad N°: ENSAYOS CONDUCTOS POR: Ing. Diego Reyes Ensayo de Laboratorio N°:</p> <p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p> <p>ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes FECHA: 21/01/2021</p>		

Fuente: [16]

- Combinación 4: E-6011 (80%), E-7018 (20%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.38 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 4

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 10 Basado en el WPS N°: 10 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: -- Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --

				TÉCNICA						
METALES BASE				APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril						
Grupo:	MB1		MB2							
	1		1							
Especificación del acero:	ASTM A572		ASTM A572							
Grado:	50		50							
Espesor de plancha:	10 mm		10 mm							
Diámetro (tubería):	--		--							
METAL DE APORTE				PRECALENTAMIENTO						
Especificación AWS: A 5.1				Temperatura de precalentamiento: --						
Clasificación AWS: E-6011 y E-7018				Temperatura de interfase: --						
Marca: AGA										
Tamaño del electrodo: 4.8 mm										
PROTECCIÓN				POSTCALENTAMIENTO						
Fundente: Revestimiento				Temperatura: --						
Composición:				Tiempo: --						
Velocidad de flujo:										
Tamaño de la boquilla:										
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
2	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
3	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
4	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
5	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
6	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
7	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
8	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
9	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
10	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
11	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
12	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	

15	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						FECHA: 21/01/2021 COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCIÓN										
PROBET A N°.	ANCH O (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓN N (mm ²)	CARG A EN (KN)	CARG A EN (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA			
1	12.5	36	150	20.8	2121.01	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
2	12.5	36	150	18.78	1915	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
3	12.5	36	150	22.15	2258.64	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
INSPECCIÓN VISUAL										
APARIENCIA:					BUENA					
SOCAVAMIENTO:					NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:					POCA					
POROSIDAD GRANDE:					NINGUNA					
CONVEXIDAD:					NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:					Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:					Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:					
ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: Ing. Diego Reyes										
Ensayo de Laboratorio N°:										
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.										
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes					FECHA: 21/01/2021					
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes										

Fuente: [16]

- Combinación 5: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en X (45°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.39 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 5

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 11 Basado en el WPS N°: 11 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:

DISEÑO DE UNIÓN		Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en X SIMPLE: -- DOBLE: X Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 45° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril		POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --							
				CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS							
				MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: - - PULSO: -- DCEN: --							
				TÉCNICA							
METALES BASE		MB1 MB2		APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril							
Grupo:	1	1	1								
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572									
Grado:	50	50									
Espesor de plancha:	10 mm	10 mm									
Diámetro (tubería):	--	--									
METAL DE APORTE				PRECALENTAMIENTO							
Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 4.8 mm				Temperatura de precalentamiento: - - Temperatura de interpase: --							
PROTECCIÓN				POSTCALENTAMIENTO							
Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:				Temperatura: -- Tiempo: --							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)	Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad						
1	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.		200	35		90	

2	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
3	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
4	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
5	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
6	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
7	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
8	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC.	200	35		90	
9	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
10	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
11	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
12	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC.	250	35		90	
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes						FECHA: 21/01/2021				
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes						COMPAÑÍA: UTA				
PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										
ENSAYO DE TRACCION										
PROBE TA N°.	ANCHO (mm)	ESPESO R (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA EN (KN)	CARGA EN (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (° C)	LOCALIZACIÓN DE ROTURA	DE	LA	
1	12.5	36	150	15.32	1562.2	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
2	12.5	36	150	23.55	2401.39	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
3	12.5	36	150	28.28	2883.71	17	FUERA DE LA SOLDADURA			
INSPECCIÓN VISUAL										
APARIENCIA:					BUENA					
SOCAVAMIENTO:					NINGUNO					
POROSIDAD PEQUEÑA:					POCA					
POROSIDAD GRANDE:					NINGUNA					
CONVEXIDAD:					NINGUNA					
FECHA DE ENSAYO:					Enero 2021					
INSPECCIONADO POR:					Ing. Diego Reyes					
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J					Identidad N°:					
ENSAYOS CONDUCIDOS POR: Ing. Diego Reyes										
Ensayo de Laboratorio N°:										
<p>Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.</p>										
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes										
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes					FECHA: 21/01/2021					

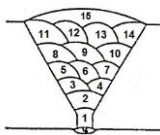
Fuente: [16]

- Combinación 6: E-6011 (60%), E-7018 (40%) con una junta en V (60°) con espesor de 36 mm

Tabla 4.40 Registro de calificación del procedimiento de soldadura para combinación 1

PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO																			
Nombre de la Empresa: TESIS Proceso(s) de soldadura: SMAW TIPO: MANUAL: X SEMIAUTOMÁTICO: AUTOMÁTICO: Soldador: Chicaiza C.J	Identificación N°: 12 Basado en el WPS N°: 12 Revisión: Fecha: Por: Autorizado por:																		
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: A Tope Tipo de soldadura: Ranura en V SIMPLE: X DOBLE: Abertura de la raíz: 3 mm Longitud de cara de raíz: 3 mm Ángulo de ranura: 60° Radio (J/U): Soporte: Si: No: X Material del soporte: Limpieza de raíz: Si: X No: Método: esmeril	POSICIÓN RANURA: 1G FILETE: -- PLANCHA: X TUBERÍA: --																		
	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (SMAW): CORTO CIRCUITO: -- GLOBULAR: -- SPRAY: -- CORRIENTE: AC: -- DCEP: -- PULSO: -- DCEN: --																		
	TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA: -- OSCILANTE: X PASE: SIMPLE: -- MÚLTIPLE: X Limpieza entre pases: Si: X No: Método: Esmeril																		
METALES BASE <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">MB1</td> <td style="text-align: center;">MB2</td> </tr> <tr> <td>Grupo:</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Especificación del acero:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> <td style="text-align: center;">ASTM A572</td> </tr> <tr> <td>Grado:</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;">10 mm</td> <td style="text-align: center;">10 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;">--</td> <td style="text-align: center;">--</td> </tr> </table>		MB1	MB2	Grupo:	1	1	Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572	Grado:	50	50	Espesor de plancha:	10 mm	10 mm	Diámetro (tubería):	--	--	
	MB1	MB2																	
Grupo:	1	1																	
Especificación del acero:	ASTM A572	ASTM A572																	
Grado:	50	50																	
Espesor de plancha:	10 mm	10 mm																	
Diámetro (tubería):	--	--																	
METAL DE APORTE	PRECALENTAMIENTO																		

Especificación AWS: A 5.1 Clasificación AWS: E-6011 y E-7018 Marca: AGA Tamaño del electrodo: 4.8 mm	Temperatura de precalentamiento: -- Temperatura de interfase: --
PROTECCIÓN Fundente: Revestimiento Gas: -- Composición: Velocidad de flujo: Tamaño de la boquilla:	POSTCALENTAMIENTO Temperatura: -- Tiempo: --

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
Pase	Proceso	Prog	Metales de aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la unión y secuencia de soldadura
			Clase	Diámetro (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)			
1	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
2	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
3	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
4	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
5	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
6	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
7	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
8	SMAW		E-6011	4.8	CA.CC	200	35		90	
9	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
10	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
11	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
12	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
13	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
14	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	
15	SMAW		E-7018	4.8	CA.CC	250	35		90	

ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes
APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes

FECHA: 21/01/2021
COMPAÑÍA: UTA

PQR RESULTADOS DE LOS ENSAYOS							
ENSAYO DE TRACCIÓN							
PROBETA N°.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA EN (KN)	CARGA EN (Kg)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	12.5	36	150	27.3	2783.82	17	FUERA DE LA SOLDADURA
2	12.5	36	150	33.29	3394.58	17	FUERA DE LA SOLDADURA
3	12.5	36	150	37.01	3773.91	17	FUERA DE LA SOLDADURA

INSPECCIÓN VISUAL	
APARIENCIA:	BUENA
SOCAVAMIENTO:	NINGUNO

POROSIDAD PEQUEÑA:	NINGUNA	
POROSIDAD GRANDE:	NINGUNA	
CONVEXIDAD:	NINGUNA	
FECHA DE ENSAYO:	Enero 2021	
INSPECCIONADO POR:	Ing. Diego Reyes	
NOMBRE DEL SOLDADOR: Chicaiza C.J ENSAYOS CONDUCIDOS POR: Ing. Diego Reyes Ensayo de Laboratorio N°:		Identidad N°:
Certifico que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1 para aceros estructurales, sección 4.		
ELABORADO POR: Ing. Diego Reyes APROBADO POR: Ing. Mg. Juan Paredes		FECHA: 21/01/2021

Fuente: [16]

4.9 Análisis de costos

Tabla 4.41 Costos para materiales y equipos.

Rubros de Costos- Recursos Materiales y Equipos				
Cant.	Unidad	Detalle	Precio Unit. \$	Valor \$
1	Kg	Electrodo E-6011	20	20
1	Kg	Electrodo E-6010	28	28
1	Kg	Electrodo E-7018	28	28
10	h	Soldadora SMAW	8	80
18	-	Ensayo de tracción en soldadura	11.59	208.62
18	-	Ensayo de flexión en vigas (rotura)	17.89	322.02
18	-	Impacto Charpy	15	270
1	-	Plancha lisa de 10 mm A572 G50. (220*60)	28	28
1	-	Plancha lisa de 12.5 mm A572 G50. (440 * 210)	39	39

1	-	Plancha lisa de 36 mm A572 G50.(370 * 160)	57	57
CANTIDAD EN DÓLARES			SUBTOTAL	1080.64
			IVA 12%	129.68
			TOTAL	1210.32

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

Tabla 4.42 Costos recursos humanos

Rubros de Costos - Recursos Humanos			
Cant.	Detalle	Precio Unit. \$	Valor \$
1	Ayudante soldador	100	100
1	Ayudante elaboración de probetas	150	150
1	Soldador calificado	150	150
TOTAL			400

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

Tabla 4.43: Costos para recursos de oficina.

Rubros de Costos – Recursos de Oficina				
Cant.	Unidad	Detalle	Precio Unit. \$	Valor \$
800	-	Impresiones	0.10	80
500	-	Copias	0.02	10
4	-	Anillados	5	20
3	-	Empastados	25	75
200	h	Uso internet	0.50	100
1	-	Movilización	80	80
TOTAL			SUBTOTAL	365
			IVA 12%	43.8
			TOTAL	408.8

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

Tabla 4.43 Costos total

Rubro de Costo Total	
Detalle	Valor \$
Recursos materiales y equipos	1210.32
Recursos humanos	400
Recursos de oficina	408.8
SUBTOTAL	2019.12
Imprevistos 10%	201.91
TOTAL	2221.03

Elaborado por: Ing. Diego Reyes

4.10 Factibilidad económica

Tomando como referencia el costo de la mano de obra de anteriores construcciones en vista que se requiere de mano de obra especializada, para el costo de materiales se tomó como referencia las proformas de las empresas Disproseg, Indura, Ipac y Acero Comercial, materiales que se encuentran con facilidad por ser un método conocido de soldadura, por esto se considera un proyecto factible. [16]

4.11 Factibilidad técnica

Se determina que esta propuesta es factible de realizar, ya que se cuenta con la información necesaria a través principalmente del código AWS D1.1, dónde menciona las especificaciones del material de aporte como de material base, además de recursos humanos especializado en este ramo e instrumentos y equipos facilitados en el Laboratorio de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en lo que respecta a equipos e insumos para soldar se encuentra con facilidad en el mercado nacional, haciendo de esta forma un proyecto factible de realizar.[16]

4.12 Análisis de resultados

Concluido el trabajo de investigación se ha logrado determinar que la soldadura de acero ASTM A 572 Grado 50 con el proceso SMAW, presento buenas propiedades mecánicas a fractura y a menor costo.

Se sugiere implementar este procedimiento para garantizar la efectividad de una junta soldada a tope bajo proceso SMAW en especial destinada para la fabricación de estructuras metálicas.

Ya que se basó en libros, revistas científicas y normativa correspondiente a este estudio con lo que se da a entender que este procedimiento técnico de soldadura tiene el sustento necesario para proceder con el diseño y construcción de juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW utilizando un metal base ASTM A572 grado 50.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- Todo el procedimiento que implica, la elaboración de probetas, se realizó, considerando lo mencionado en el código AWS D1.1, con lo que se garantiza una junta soldada a tope.
- La especificación del procedimiento de soldadura (WPS) elaborado para las juntas soldadas a tope con ranura en V y en X, cumplen con los requerimientos de calificación establecidos en el código AWS D1.1.
- El electrodo E-7018 por su resistencia a fundirse, requiere un amperaje mayor a los electrodos E-6010 Y E-6011, por lo que el costo de consumo, tanto de materia prima como en energía eléctrica es mayor.
- El electrodo E-6010 tiene mayor facilidad para fundirse por lo que el amperaje a utilizar es menor teniendo un ahorro en consumo de energía eléctrica.
- Se empleó un modelo de regresión factorial general completo para analizar los datos de los ensayos, el cual se ha explicado las medidas experimentales de los ensayos individuales hasta en un 77,45 %, y de manera global, este modelo ha explicado las propiedades mecánicas en un 90,18%, al emplear la función de deseabilidad como herramienta para involucrar todas las propiedades en un único análisis conclusivo.
- La influencia de la fuente de variabilidad que predomina, es la de la interacción entre el tipo de material de aporte y el tipo de junta, este término marca una notable influencia en las respuestas experimentales obtenidas con los ensayos a tal forma que su variabilidad desplaza a los factores analizados individualmente, por lo que se entiende, de manera particular, cada factor no tiene un impacto trascendente.

5.2 Recomendaciones

- En futuras investigaciones que contemplen la experimentación de variables de soldadura, mediante ensayos de tipo mecánico, se recomienda considerar el tiempo de aplicación de presiones para realizar un cambio de valor.
- Comprobar que el material base a utilizar sea el indicado mediante análisis metalográfico o verificando sus propiedades mecánicas en catálogos y normas.
- Utilizar de manera adecuada el equipo de protección personal antes de realizar el proceso de soldadura SMAW.
- No trabajar sobre áreas mojadas o cercanas a materiales inflamables durante la ejecución del proceso de soldadura SMAW.
- Para un adecuado procedimiento de soldadura SMAW verificar que los electrodos a utilizar no hayan sido almacenados en lugares húmedos.
- Siempre realizar la correspondiente limpieza, entre pasadas de soldadura, con la finalidad de evitar posibles defectos en el cordón soldado.
- Al momento de cortar y mecanizar las probetas utilizar refrigeración para evitar alterar las propiedades mecánicas.
- Para todos los procedimientos que corresponden a la elaboración de la probeta deben realizarse por personal calificado con el fin de evitar accidentes y que las probetas sean de la calidad esperada.
- Preferentemente realizar los cambios de polaridad y amperaje en el equipo de soldadura, cuando se encuentre apagado.
- Por ninguna situación corte las planchas de material base con amoladora, cortadora por plasma o soldadora autógena.
- En futuros temas de investigación, se puede involucrar variar más parámetros dentro del proceso de soldadura, debido a que la variabilidad de los modelos

empelados, da una amplia indicación de que se puede involucrar factores para ajustar mejor dichos modelos.

BIBLIOGRAFÍA



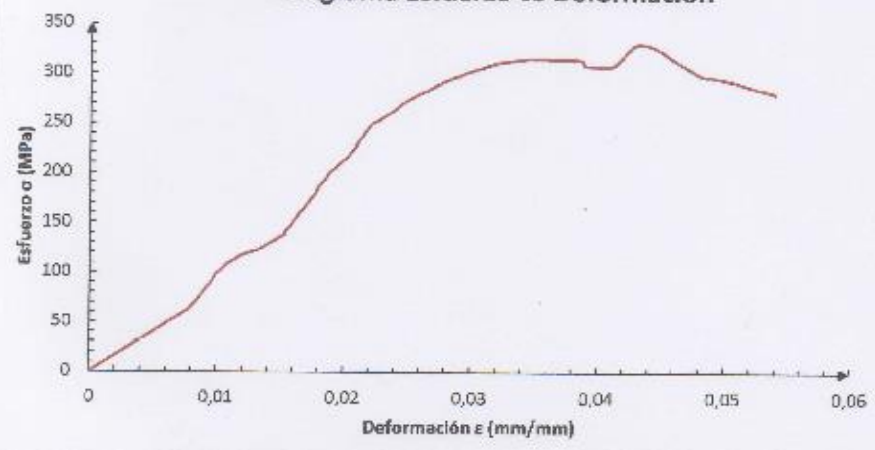


- [1] Y. Liu, L. Kang, and H. Ge, “Experimental and numerical study on ductile fracture of structural steels under different stress states,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 158, pp. 381–404, 2019.
- [2] Y. Yang, Y. Wang, F. Yang, and Q. An, “Influence of weld details on fracture behavior of connections using high-strength steel,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 153, pp. 578–587, 2019.
- [3] H. F. Li, Q. Q. Duan, P. Zhang, X. H. Zhou, B. Wang, and Z. F. Zhang, “The quantitative relationship between fracture toughness and impact toughness in high-strength steels,” *Eng. Fract. Mech.*, vol. 211, pp. 362–370, 2019.
- [4] D. G. Karalis, V. J. Papazoglou, and D. I. Pantelis, “Mechanical response of thin SMAW arc welded structures: Experimental and numerical investigation,” *Theor. Appl. Fract. Mech.*, vol. 51, no. 2, pp. 87–94, 2009.
- [5] W. G. Kim, J. Y. Park, H. Y. Lee, S. D. Hong, Y. W. Kim, and S. J. Kim, “Time-dependent crack growth behavior for a SMAW weldment of Gr. 91 steel,” *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 110, pp. 66–71, 2013.
- [6] H. Rooholamini, R. Sedghi, B. Ghobadipour, and M. Adresi, “Effect of electric arc furnace steel slag on the mechanical and fracture properties of roller-compacted concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 211, pp. 88–98, 2019.
- [7] M. F. Buchely, H. A. Colorado, and H. E. Jaramillo, “Effect of SMAW manufacturing process in high-cycle fatigue of AISI 304 base metal using AISI 308L filler metal,” *J. Manuf. Process.*, vol. 20, pp. 181–189, 2015.
- [8] J. Wang, Q. Sun, Z. Pan, J. Yang, and J. Feng, “Effects of welding speed on bubble dynamics and process stability in mechanical constraint-assisted underwater wet welding of steel sheets,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 264, pp. 389–401, 2019.
- [9] D. A. Collins, E. L. Barkley, T. G. Lach, and T. S. Byun, “Effects of thermal aging on the fracture toughness of cast stainless steel CF8,” *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 173, pp. 45–54, 2019.
- [10] H. Nykyforchyn, O. Tsyruynyk, O. Zvirko, and H. Krechkovska, “Non-destructive evaluation of brittle fracture resistance of operated gas pipeline steel using electrochemical fracture surface analysis,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 104, no.

June, pp. 617–625, 2019.

- [11] Y. li Wang, K. xing Song, Y. min Zhang, and G. xin Wang, “Microstructure evolution and fracture mechanism of H13 steel during high temperature tensile deformation,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 746, pp. 127–133, 2019.
- [12] A. Saxena, A. Kumaraswamy, G. Madhusudhan Reddy, and V. Madhu, “Influence of welding consumables on tensile and impact properties of multi-pass SMAW ArmoX 500T steel joints vis-a-vis base metal,” *Def. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 188–195, 2018.
- [13] B. McDonald, H. Bornstein, A. Ameri, A. Daliri, and A. C. Orifici, “Plasticity and Ductile Fracture Behaviour of Four Armour Steels,” *Int. J. Solids Struct.*, 2019.
- [14] L. D. J. Jorge *et al.*, “Mechanical properties and microstructure of SMAW welded and thermally treated HSLA-80 steel,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 598–605, 2018.
- [15] Y. Anren, L. Zhen, and A. Sansan, “A CMOS Visual Sensing System for Welding Control and Information Acquirement in SMAW Process,” *Phys. Procedia*, vol. 25, pp. 22–29, 2012.
- [16] O. I. Analuiza Maiza, “Análisis de las combinaciones porcentuales del material de aporte de una junta a tope en un acero ASTM A588 Grado A utilizando los alambres tubulares E71T1 y E81T1N12 para determinar las propiedades mecánicas en la fabricación de superestructura para puen,” p. 259, 2016.
- [17] S. Collantes, M. Sánchez, “Estudio del Comportamiento de las Juntas Soldadas Utilizando Acero HSLA con el Proceso Gas Metal Arc Welding (GMAW) en la fabricación de Vehículos de Transporte de Pasajeros" p. 1-15, 2013.
- [18] J. Telenchana, “Análisis de Revestimientos Duros en Uniones Soldadas de Acero al Carbono A36 Mediante el Proceso SMAW y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas,” p. 96, 2011.
- [19] A. Izurieta, “Estudio de las Juntas Soldadas aTope Posterior a los Procesos de Corte Térmico en el Acero Estructural ASTM A588 y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas,” 2019.
- [20] J. Campos, L. Jaramillo, “Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de Juntas Soldadas de Acero ASTM A572 Tratadas Termicamente,” pp. 16–22, 2019.

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de ensayos a tracción

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS		 CTT FICM CENTRO TECNOLÓGICO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS	
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8			
OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M1	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,303 kg	ANCHO PROBETA:	12,5 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	200 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	150 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	150 mm ²
CARGA MAXIMA:	76,8	CARGA ROTURA:	42,2 kN
RESULTADOS:			
Diagrama Esfuerzo vs Deformación			
			
RESUMEN			
DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO	
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	42,2 kN	281,7 MPA	
PUNTO DE FLUENCIA:	42,7 kN	284,9 MPA	
RESISTENCIA ULTIMA:	49,8 kN	331,9 MPA	
ROTURA:	42,2 kN	281,8 MPA	
 Ing. Byron Lopez TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA.		 Ing. Andrés Domínguez AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA.	



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	V2	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 kN		
PESO PROBETA:	0,318 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	81,8 kN	CARGA ROTURA:	58,6 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	61,8 kN	411,9 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	62,5 kN	413,7 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	81,8 kN	546,0 MPA
ROTURA:	58,6 kN	380,6 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.


Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M3	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 kN		
PESO PROBETA:	0,305 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MÁXIMA:	75,9 kN	CARGA ROTURA:	52,09 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,19 kN	387,9 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,5 kN	389,7 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	75,9 kN	505,8 MPA
ROTURA:	52,09 kN	347,3 MPA


Ing. Estroff Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
FICM
CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS
U.T.A.


Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
FICM
CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS
U.T.A.



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M5	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,323 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	308,5 mm ²
CARGA MÁXIMA:	75,7 kN	CARGA ROTURA:	53,8 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	59,6 kN	397,4 MPa
PUNTO DE FLUENCIA:	59,7 kN	397,9 MPa
RESISTENCIA ULTIMA:	75,7 kN	504,4 MPa
ROTURA:	53,8 kN	358,6 MPa


 Ing. Byron López
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 U.T.A.


 Ing. Andrés Domínguez
 AUXILIAR DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 U.T.A.



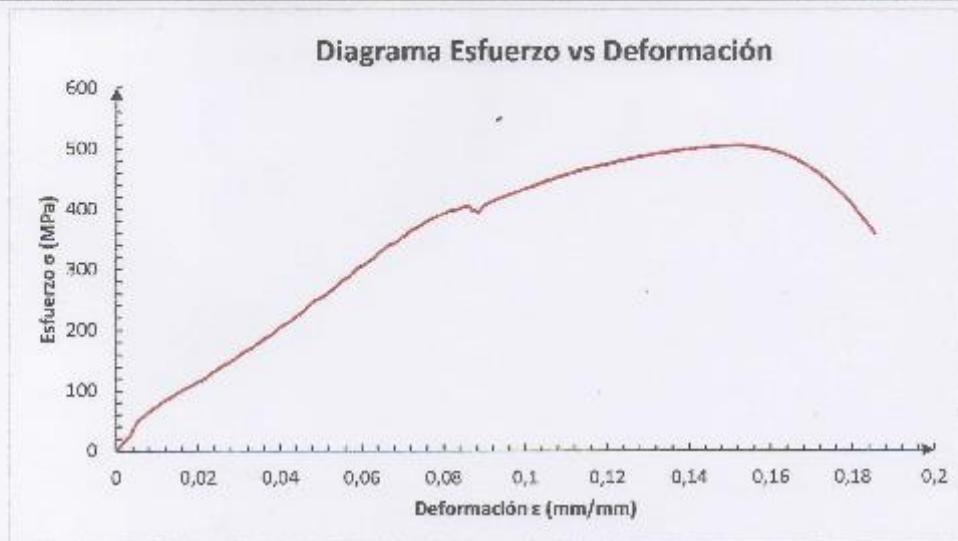
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	13/12/2020
ID MUESTRA:	M5	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,323 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	305,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	75,7 kN	CARGA ROTURA:	53,8 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	59,6 kN	397,4 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,7 kN	397,9 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	75,7 kN	504,4 MPA
ROTURA:	53,8 kN	358,5 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA, A.




Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA





ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M6	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,308 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	68,8 kN	CARGA ROTURA:	43,8 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	57,9 kN	386,1 MPa
PUNTO DE FLUENCIA:	57,9 kN	386,1 MPa
RESISTENCIA ULTIMA:	68,8 kN	498,8 MPa
ROTURA:	43,8 kN	292,2 MPa


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA




Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA





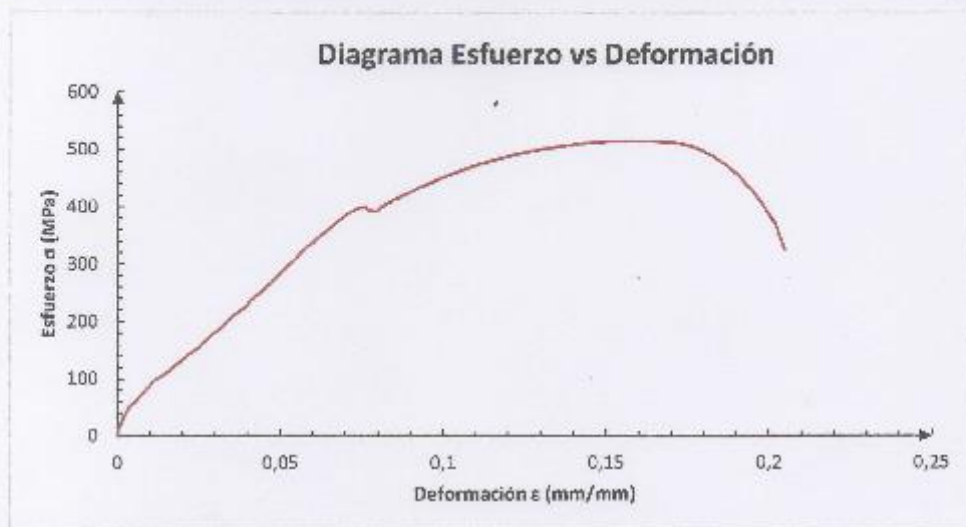
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M7	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROL3 CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,312 Kg	DIAMETRO PROBETA:	18,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	77,2 kN	CARGA ROTURA:	48,6 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	59,0 kN	383,3 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	59,1 kN	384,2 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	77,2 kN	514,8 MPA
ROTURA:	48,6 kN	324,2 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA




Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA





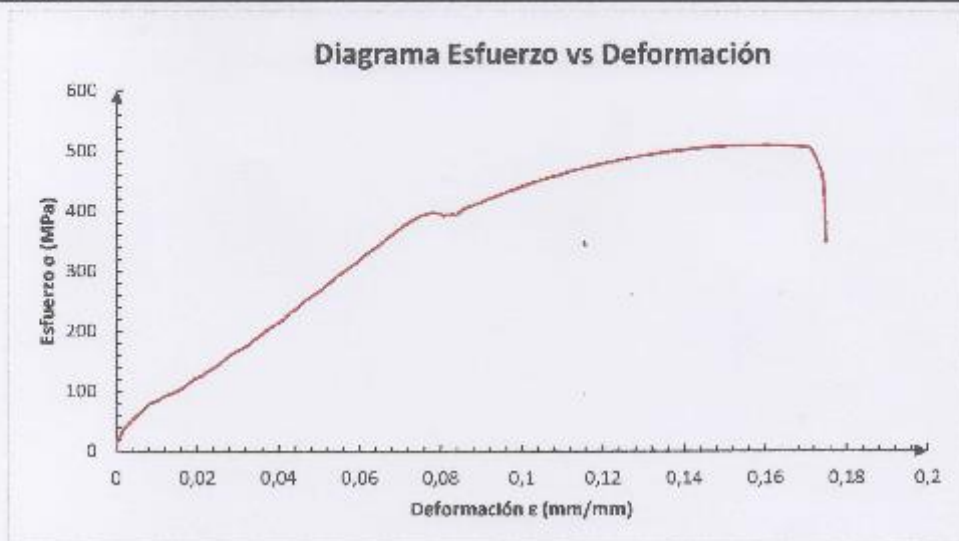
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M8	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,322 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1060 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	76,5 kN	CARGA ROTURA:	52,1 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	56,3 kN	386,6 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	59,4 kN	386,1 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	76,5 kN	509,8 MPA
ROTURA:	52,1 kN	347,3 MPA

Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA U.T.A.

Ing. Andrés Dominguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M9	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 kN		
PESO PROBETA:	0,322 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	76,3 kN	CARGA ROTURA:	52,0 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	57,5 kN	383,4 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,1 kN	387,5 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	76,3 kN	508,5 MPA
ROTURA:	52,8 kN	352,2 MPA


Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.




Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.





ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M10	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 kN		
PEGO PROBETA:	0,311 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,75 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	72,9 kN	CARGA ROTURA:	49,3 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	56,6 kN	377,5 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	56,8 kN	379,3 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	72,9 kN	485,5 MPA
ROTURA:	49,3 kN	328,6 MPA


 Ing. Byron Lopez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA


 Ing. Andrés Domínguez
 AUXILIAR DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Ferrando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM -072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M11	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,320 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1080 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	76,8 kN	CARGA ROTURA:	51,8 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	59,7 kN	398,3 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	80,2 kN	401,5 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	76,8 kN	512,1 MPA
ROTURA:	51,8 kN	345,0 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA


Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M12	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,322 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,78 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	308,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	75,0 kN	CARGA ROTURA:	45,5 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,3 kN	388,8 MPa
PUNTO DE FLUENCIA:	58,5 kN	390,2 MPa
RESISTENCIA ULTIMA:	75,0 kN	499,9 MPa
ROTURA:	45,5 kN	303,5 MPa

Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA UTA

Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA UTA



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M13	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2030 KN		
PESO PROBETA:	0.312 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,75 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	72,2 kN	CARGA ROTURA:	53,2 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,1 kN	387,0 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,3 kN	388,8 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	72,2 kN	481,4 MPA
ROTURA:	53,2 kN	354,9 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA


Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA



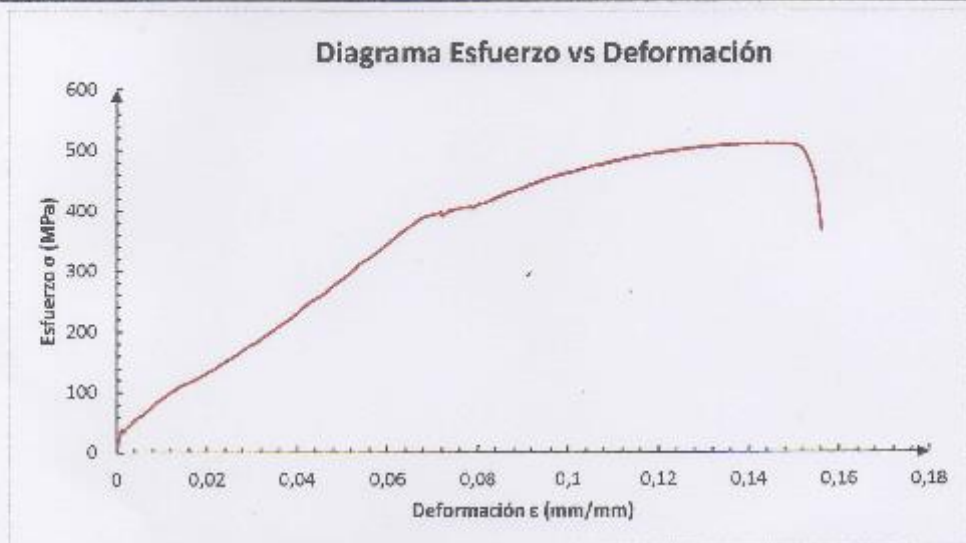
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M14	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,319 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	308,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	76,7 kN	CARGA ROTURA:	55,3 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,7 kN	391,5 MPa
PUNTO DE FLUENCIA:	59,3 kN	385,1 MPa
RESISTENCIA ULTIMA:	76,7 kN	511,2 MPa
ROTURA:	55,3 kN	368,5 MPa


 Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 U.T.A.


 Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 U.T.A.



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SÓLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M15	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,327 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	75,1 kN	CARGA ROTURA:	45,5 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,5 kN	381,1 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,9kN	382,8 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	75,1 kN	500,8 MPA
ROTURA:	45,5 kN	303,0 MPA

Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M16	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERGAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0,313 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,9 mm ²
CARGA MAXIMA:	79,3 kN	CARGA ROTURA:	52,9 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	59,7 kN	398,3 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	60,1 kN	400,6 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	79,3 kN	526,8 MPA
ROTURA:	52,9 kN	353,15 MPA


 Ing. Byron Lopez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA, T.A.


 Ing. Andrés Domínguez
 AUXILIAR DE LABORATORIO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA, T.A.



ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM -072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M17	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAQUINA UNIVERSAL CONTROLS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0.324 Kg	DIAMETRO PROBETA:	19,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	75,6 kN	CARGA ROTURA:	52,9 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	58,9 kN	392,9 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	58,5 kN	392,9 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	75,6 kN	504,0 MPA
ROTURA:	52,9 kN	353,1 MPA

Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.

Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.



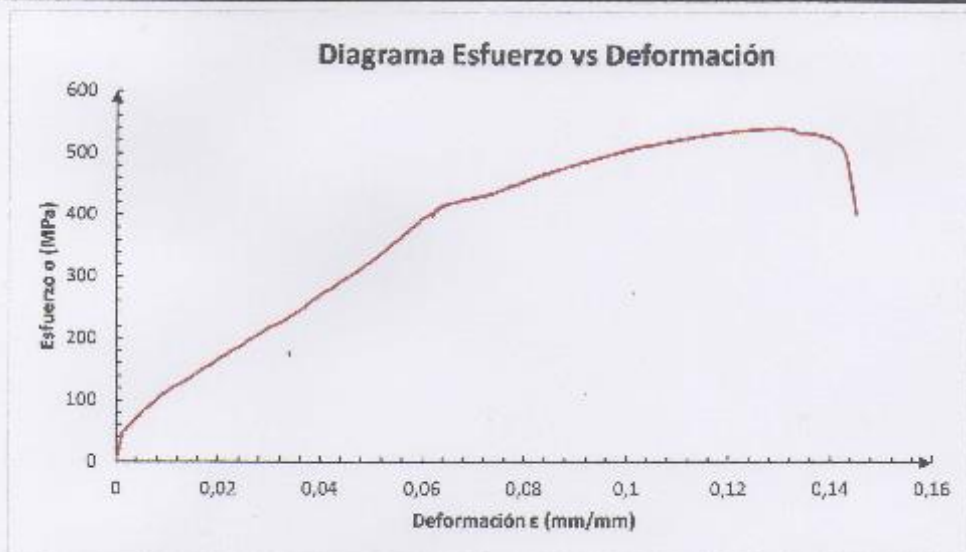
ENSAYO A TRACCIÓN NORMA ASTM E8

OBRA O PROYECTO:	Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADIJE Ltda		
SOLICITA:	Diego Fernando Reyes Pérez	ORDEN DE TRABAJO:	CTT- FICM - 072- 2020
UBICACIÓN:	Ambato	FECHA DE EXPEDICIÓN:	18/12/2020
ID MUESTRA:	M18	DESCRIPCIÓN:	Junta soldada a tope

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO:	MAGUINA UNIVERSAL CONTROLDS CAPACIDAD 2000 KN		
PESO PROBETA:	0.322 Kg	DIAMETRO PROBETA:	18,76 mm
ESPECIFICACION DE MATERIAL:	A572	LONGITUD PROBETA:	1000 mm
TIPO O GRADO:	Gr 50	LONGITUD ENTRE MORDAZAS:	370 mm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE:	17 °C	AREA PROBETA:	306,5 mm ²
CARGA MAXIMA:	81,2 kN	CARGA ROTURA:	60,4 kN

RESULTADOS:



RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CARGA	ESFUERZO
LIMITE DE PROPORCIONALIDAD:	62,2 kN	415,0 MPA
PUNTO DE FLUENCIA:	62,6 kN	416,8 MPA
RESISTENCIA ULTIMA:	81,2 kN	541,0 MPA
ROTURA:	60,4 kN	402,8 MPA


Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
U.T.A.




Ing. Andrés Domínguez
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Anexo 2. Requerimientos para precalificación WPS

Variable	Position	Weld Type	SMAW	SAW ^d			GMAW/ FCAW ^e
				Single	Parallel	Multiple	
Maximum Electrode Diameter	Flat	Fillet ^a	5/16 in [8.0 mm]	1/4 in [6.4 mm]			1/8 in [3.2 mm]
		Groove ^a	1/4 in [6.4 mm]				
		Root pass	3/16 in [4.8 mm]				
	Horizontal	Fillet	1/4 in [6.4 mm]	1/4 in [6.4 mm]			1/8 in [3.2 mm]
		Groove	3/16 in [4.8 mm]	Requires WPS Qualification Test			
	Vertical	All	3/16 in [4.8 mm] ^b				3/32 in [2.4 mm]
Overhead	All	3/16 in [4.8 mm] ^b				5/64 in [2.0 mm]	
Maximum Current	All	Fillet	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer	1000 A	1200A	Unlimited	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer
	All	Groove weld root pass with opening		600A	700A		
		Groove weld root pass without opening			900A		
		Groove weld fill passes			1200A		
		Groove weld cap pass			Unlimited		
Maximum Root Pass Thickness ^d	Flat	All	3/8 in [10 mm]	Unlimited		3/8 in [10 mm]	
Horizontal	All	5/16 in [8 mm]			5/16 in [8 mm]		
Vertical		1/2 in [12 mm]			1/2 in [12 mm]		
Overhead		5/16 in [8 mm]			5/16 in [8 mm]		
Maximum Fill Pass Thickness	All	All	3/16 in [5 mm]	1/4 in [6 mm]	Unlimited	1/4 in [6 mm]	

Ing. Carlos Naranjo AWS SCWI 15120136

Anexo 3. Juntas precalificadas

Juntas precalificadas (PJP fig. 3.2 y CPJ fig. 3.3)

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10', -0'	+2, -3 Not limited +10', -5'	All	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10', -0'	+2, -3 Not limited +10', -5'	All	Not required	a, d, j
SAW	B-L2c-S	Over 12 to 25	—	R = 0 f = 6 max. $\alpha = 60^\circ$	R = ± 0 f = +0, -f $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -0 ± 2 +10', -5'	F	—	d, j
		Over 25 to 38	—	R = 0 f = 12 max. $\alpha = 60^\circ$					
		Over 38 to 50	—	R = 0 f = 16 max. $\alpha = 60^\circ$					

Ing. Carlos Naranjo AWS SCWI 15120136

Anexo 4. Juntas PJP




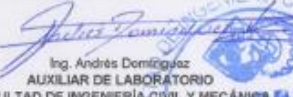

Mínimo tamaño de cordones en juntas PJP tabla 3.5

Base Metal Thickness (T) ^a	Minimum Weld Size ^b	
	in [mm]	in mm
1/8 [3] to 3/16 [5] incl.	1/16	2
Over 3/16 [5] to 1/4 [6] incl.	1/8	3
Over 1/4 [6] to 1/2 [12] incl.	3/16	5
Over 1/2 [12] to 3/4 [20] incl.	1/4	6
Over 3/4 [20] to 1-1/2 [38] incl.	5/16	8
Over 1-1/2 [38] to 2-1/4 [57] incl.	3/8	10
Over 2-1/4 [57] to 6 [150] incl.	1/2	12
Over 6 [150]	5/8	16

^a For nonlow-hydrogen processes without preheat calculated in conformance with 4.8.4, T equals the thickness of the thicker part joined; single pass welds shall be used. For low-hydrogen processes and nonlow-hydrogen processes established to prevent cracking in conformance with 4.8.4, T equals thickness of the thinner part; single pass requirement does not apply.

^b Except that the weld size need not exceed the thickness of the thinner part joined.

Anexo 5. Resultados del ensayo propagación de grieta

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL	 CTT FICM CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica									
RESISTENCIA A LA FLEXION POR TRES PUNTOS NORMA ASTM E-399											
OBRA O PROYECTO: Optimización de las propiedades mecánicas a fractura en juntas soldadas a tope para estructuras metálicas en la compañía SEMADUE Ltda		ORDEN DE TRABAJO: CTT-FICM-2020-072									
LUGAR DEL PROYECTO: Ambato SOLICITA: Ing. Diego Fernando Reyes Pérez MATERIAL: A572 Gr 50 FECHA DE EXPEDICIÓN: 18-dic-20		NÚMERO DE MUESTRAS: 10									
ENSAYO DE PRUEBAS DE FRACTURA, SEGÚN NORMA ASTM E399											
PROBETA	LONGITUD	ANCHO	ÁREA	PESO	CARGA	CARGA	DEFORMACION	FECHA DE:	IDENTIFICACIÓN	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE FALLA
Nº	(mm)	(mm)	(mm ²)	Kg	KN	Kg	(mm)	ENSAYO		(Kg/cm2)	
1	200,00	12,50	150,00	0,303	35,08	3577,11	3,40	18/12/2020	M1	-	
2	200,00	12,50	150,00	0,312	31,48	3211,04	4,35	18/12/2020	M1	-	
3	200,00	12,50	150,00	0,309	24,71	2519,68	3,51	18/12/2020	M2	-	
4	200,00	12,50	150,00	0,320	24,24	2471,75	1,86	18/12/2020	M2	-	
5	200,00	12,50	150,00	0,315	18,78	1915,00	3,83	18/12/2020	M3	-	
6	200,00	12,50	150,00	0,316	22,15	2258,64	2,28	18/12/2020	M3	-	
7	200,00	12,50	150,00	0,308	23,95	2401,39	1,29	18/12/2020	M4	-	
8	200,00	12,50	150,00	0,320	28,26	2883,71	3,78	18/12/2020	M4	-	
9	200,00	12,50	150,00	0,306	33,29	3394,56	4,55	18/12/2020	M5	-	
10	200,00	12,50	150,00	0,304	37,01	3773,91	5,85	18/12/2020	M5	-	
PROBETA											
											
OBSERVACIONES: La toma y entrega de muestras, fecha de elaboración, identificación y especificación son de estricta responsabilidad de la persona o entidad contratante.											
Ing. Byron Lopez TÉCNICO DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  						Ing. Andrés Domínguez AUXILIAR DE LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  					

Anexo 6. Calificación soldador

PETROAMAZONAS EP		SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PAM EP CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SOLDADOR PAM EP-ECU-GAQC-30-FRM-008-00				CVA	
No. CONTRATO / O.S. C0074 PAM EP-2017		CONTRATISTA: CVA S.A.		PROYECTO: SUBSTITUCIÓN LINEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN 12 KM - TUNJA (PAM EP)			
PROYECTO: SUBSTITUCIÓN LINEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN 12 KM - TUNJA (PAM EP)		RES. No.: PAM EP-ECU-GAQC-30-FRM-008-11		LOCALIDAD: TUNJA - PLAG		FECHA: 10-01-2017	
OT No.: 010.000.000-100705-000000-00		CALIFICACIÓN REALIZADA DE ACUERDO A:					
CODIGO ASME SECCIÓN IX: PA-RE-10000000		WPS No.: PAS-CC-PP-004		PQR No.:		PROCESO DE SOLDADURA: GTAW SMAW	
FOTO		DATOS DEL SOLDADOR					
NOMBRE DEL SOLDADOR: EDWIN CHIRAZA		NACIONALIDAD: ECUATORIANA		C.I. No.: 1003072615		ESTAMPA No. W.006	
NÚMERO DE SOLDADORES POR CUPÓN DE PRUEBA: 1		DATOS DE PRUEBA					
LUGAR Y FECHA DE PRUEBA: PLATAFORMA PALD AZUL C (PLAG), 10 de Enero de 2017		METAL BASE					
ESPECIFICACIÓN GRUPO: ASMAW D11.8 P1 GRUPO 1		ESPESOR CUPÓN DE PRUEBA: 1.125" (28.275 mm)		DIAMETRO CUPÓN DE PRUEBA: 12 NPS			
GRUPO: F6 (GTAW) - F4 (TIGMIG)		ESPECIFICACIÓN AWS: AS 16 (GTAW) - AS 1 (SMAW)		TIPO: ER70S-6 / E7018		DIAMETRO: 3/32" (3.175 mm), 1/8" y 1/16" (3.175 mm)	
TAMAÑO Y TIPO DE ELECTRODO DE TUNGSTENO: GFA 5,12 E con 2% Torio		GAS DE PROTECCIÓN: ARGÓN 100 WWS1 Flux = 22 lb/min		DISEÑO DE JUNTA			
TIPO: A TOPE		POSICIÓN DE SOLDADURA: 5G		RESPALDO: N/A		PROGRESIÓN: ASCENDENTE	
TIPO DE CORRIENTE: DC		POLARIDAD: DC+		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
TIPO: DC		POLARIDAD: DC+		RESULTADOS ENSAYOS			
TIPO: ACEPTADO		RECHAZADO: X		REALIZADO POR: LUIS PADILLA		INFORME No. N/A	
INSPECCIÓN VISUAL: X		ENSAYO NO DESTRUCTIVO (GAMAGRAFIA): X		CÉSAR GRANDA		RADINCEVALL RIR # 80 (10-01-2017)	
ENSAYOS DESTRUCTIVOS: ---		RESULTADO FINAL: ACEPTADA		CALIFICADO EN PRODUCCIÓN			
LA CALIFICACION ES: ACEPTADA		X		SI ES RECHAZADA EXPLICAR			
RANGO DE CALIFICACION		ASME SECCIÓN IX					
CODIGO: P1 GRUPO 1		RANGO DE MATERIALES: ILIMITADO					
RANGO DE DIAMETROS: Desde 2.5 NPS		Hasta 11.75 NPS		RANGO DE ESPESORES: Desde 3/16 in (4.8 mm)			
RANGO DE ESPESORES: Desde 3/16 in (4.8 mm)		Hasta 2.25" (57.15 mm)		POSICION: TODAS LAS POSICIONES			
PROGRESIÓN: ASCENDENTE		ELABORADO POR: MAURICIO ADAME		REVISADO POR: LUIS PADILLA		REVISADO POR: LUIS GUALLI	
NOMBRE: MAURICIO ADAME		LUIS PADILLA		LUIS GUALLI		APROBADO POR: RICARDO CASTRO	
CARGO: OC CVA		QA-QC CVA		INSPECTOR MECÁNICO		INGENIERO QMOC PAM EP	
FIRMA:							
FECHA: 10-01-17		10-01-17		10-01-17		10-01-17	

Anexo 7. Ficha técnica electrodo E-6010

INDURA 6010	Clasificación AWS: E-6010 / E-4310
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para acero al carbono • Revestimiento celulósico sódico. Color rojo • Toda posición 	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente continua, electrodo positivo • Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd, Nippon Kaiji Kyokai

Descripción

Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento, que permite una velocidad de depósito mayor y una aplicación más fácil, junto con propiedades mecánicas sobresalientes. La estabilidad del arco y el escudo protector que da el revestimiento ayudan a dirigir el depósito reduciendo la tendencia a socavar. Está diseñado según los últimos adelantos técnicos para lograr óptimos resultados prácticos.

Usos

Este electrodo tiene un campo de aplicación muy amplio, en especial cuando es necesario soldar en toda posición.

Aplicaciones típicas

- Estanques
- Estructuras
- Planchas corrientes y galvanizadas
- Tuberías de presión
- Cañerías
- Barcos

Procedimiento para soldar

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldadura de filetes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45° con cada plancha, oscilándolo en el sentido del avance. El movimiento adelante tiene por objeto obtener buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo de casi 90°, inclinándolo ligeramente en el sentido de avance.

Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.

Composición química (típica del metal depositado):

C 0,11%; Mn 0,55%; Si 0,24%; P 0,014%; S 0,008%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 500 MPa	430 MPa	38J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 414 MPa	330 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 26%	22%		

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	60	90	75
3,2	350	80	110	35
4,0	350	110	160	24
4,8	350	150	200	17

Anexo 8. Ficha técnica electrodo E-6011

INDURA 6011	Clasificación AWS: E-6011 / E-4311
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para acero al carbono • Revestimiento celulósico potásico. Color canela • Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna 	<ul style="list-style-type: none"> • Toda posición • Certificado por Canadian Welding Bureau y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd's Register of Shipping

Descripción

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en cañerías
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras
- Planchas galvanizadas

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010.

Composición química (típica) del metal depositado:				
C 0,11%; Mn 0,41%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,017%				
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 495 MPa	430 MPa	34J a -30°C	27J a -30°C	
Límite de fluencia : 424 MPa	330 MPa			
Alargamiento en 50 mm : 27%	22%			
Amperajes recomendados:				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	50	90	74
3,2	350	80	120	34
4,0	350	120	160	24
4,8	350	160	220	17

Anexo 9. Ficha técnica electrodo E-7018

INDURA 7018-AR	Clasificación AWS: E-7018 / E-4918
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para acero al carbono • Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris 	<ul style="list-style-type: none"> • Toda posición • Corriente continua, electrodo positivo

Descripción

Electrodo de bajo contenido de hidrógeno.

Se caracteriza por depósitos de calidad radiográfica, arco fácil de establecer, excelentes características operativas, fácil desprendimiento de escoria y excelente presentación.

Usos

Se recomienda para trabajos donde se requiera una alta calidad radiográfica.

Aplicaciones típicas

- Construcción
- Reparación de buques
- Plataformas petroleras
- Cañerías, etc.

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance.

Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo. Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:				
C 0,09%; Mn 1,05%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,015%				
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 572 MPa	490 MPa	135J a -30°C	27J a -30°C	
Límite de fluencia : 475 MPa	400 MPa			
Alargamiento en 50 mm : 31%	22%			
Amperajes recomendados:				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		min.	máx.	
2,4	300	60	110	52
3,2	350	100	160	26
4,0	350	130	210	19
4,8	350	190	280	14

Anexo 10. Métodos para ensayos a tracción ASTM E8



Designation: E8/E8M – 13a

American Association of State
Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No. 75B
An American National Standard

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E8/E8M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

1.2 The gauge lengths for most round specimens are required to be 4D for E8 and 5D for E8M. The gauge length is the most significant difference between E8 and E8M test specimens. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

1.3 Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A370 and Test Methods B557, and B557M.

1.4 Room temperature shall be considered to be 10 to 38°C [50 to 100°F] unless otherwise specified.

1.5 The values stated in SI units are to be regarded as separate from inch/pound units. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved July 1, 2013. Published August 2013. Originally approved in 1926. Last previous edition approved 2013 as E8/E8M – 13. DOI: 10.1520/E0808-13A.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- A356/A356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines
- A370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products
- B557 Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products
- B557M Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products (Metric)
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing
- E29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications
- E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
- E345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil
- E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
- E1012 Practice for Verification of Testing Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application
- D1566 Terminology Relating to Rubber
- E1856 Guide for Evaluating Computerized Data Acquisition Systems Used to Acquire Data from Universal Testing Machines

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Common to Mechanical Testing—

3.1.1 The definitions of mechanical testing terms that appear in the Terminology E6 apply to this test method.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States

Copyright ASTM International
Reproduction of this document without permission of ASTM
is prohibited or otherwise permitted without license from ASTM

ASTM is an ISO-9001 Registered Organization
See Us at: www.astm.org

Anexo 11. Métodos para ensayos a impacto ASTM E23



Designation: E23 – 07a¹

An American National Standard

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

ϵ^1 Notes—Editorial changes made throughout in September 2007.

1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see [Annex A1](#)) verifying Charpy impact machines (see [Annex A2](#)), optional test specimen configurations (see [Annex A3](#)), pre-cracking Charpy V-notch specimens (see [Annex A4](#)), designation of test specimen orientation (see [Annex A5](#)), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see [Annex A6](#)). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see [Appendix X1](#)), methods of measuring the center of strike (see [Appendix X2](#)).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below -196°C (-320°F , 77 K).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific precautionary statements are given in Section 5.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards²

B925 Practices for Production and Preparation of Powder Metallurgy (PM) Test Specimens

E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E23 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E23.07 on Impact Testing.

Current edition approved June 1, 2007. Published July 2007. Originally approved in 1973. Last previous edition approved 2007 as E23 – 07. DOI: 10.1520/E023-07A000.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

E399 Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials

E604 Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

E1313 Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals (Discontinued 2000)³

3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), a set of anvils, and specimen supports on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in [Appendix XI](#).

5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

6. Apparatus

6.1 General Requirements:

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

³ Withdrawn. The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

Anexo 12. Métodos para ensayos de propagación de grieta ASTM E399

 Designation: E 399 - 90 [Reapproved 1997]																																																															
Standard Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials¹																																																															
<p>This standard is issued under the fixed designation E 399; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reaffirmation. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reaffirmation.</p> <p>This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.</p>																																																															
<p>1. Scope</p> <p>1.1 This test method covers the determination of the plane-strain fracture toughness (K_{Ic}) of metallic materials by using a variety of fatigue-cracked specimens having a thickness of 0.063 in. (1.6 mm) or greater.² The details of the various specimen and test configurations are shown in Annexes A1 through A7 and A9.</p> <p>NOTE 1—Plane-strain fracture toughness tests of thinner materials are not sufficiently brittle (see 7.1) to be made with other types of specimens (1).³ There is no standard test method for testing such thin materials.</p> <p>1.2 This test method also covers the determination of the specimen strength ratio R_{xx}, where x refers to the specific specimen configuration being tested. This strength ratio is a fraction of the maximum load the specimen can sustain, its total dimensions and the yield strength of the material.</p> <p>1.3 Measured values of plane-strain fracture toughness and in inch-pound units are to be regarded as standard.</p> <p>1.4 This test method is divided into two main parts. The first part gives general information concerning the recommendations and requirements for K_{Ic} testing. The second part is composed of annexes that give the displacement gage design, fatigue cracking procedures, and special requirements for the various specimen configurations covered by this method. In addition, an annex is provided for the specific procedures to be followed in rapid-load plane-strain fracture toughness tests. General information and requirements common to all specimen types are listed as follows:</p>	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: right;">Provisions</td> <td style="text-align: right;">5.1.1 to 5.1.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Practical Applications</td> <td style="text-align: right;">5.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Appendix</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Loading Fixtures</td> <td style="text-align: right;">6.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Displacement Gage Design</td> <td style="text-align: right;">Annex A1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Displacement Measurements</td> <td style="text-align: right;">6.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Specimen Size, Configurations, and Preparation</td> <td style="text-align: right;">7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Specimen Size Estimates</td> <td style="text-align: right;">7.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Standard and Alternative Specimen Configurations</td> <td style="text-align: right;">7.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Forms of Fatigue Crack Starter Notch</td> <td style="text-align: right;">7.3.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Fatigue Cracking</td> <td style="text-align: right;">Annex A2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Crack Extension Beyond Starter</td> <td style="text-align: right;">7.3.2.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Measurements before Testing</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Thickness</td> <td style="text-align: right;">8.2.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Width</td> <td style="text-align: right;">8.2.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Starter Notch Root Radius</td> <td style="text-align: right;">7.3.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Specimen Testing</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Loading Rate</td> <td style="text-align: right;">8.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Test Record</td> <td style="text-align: right;">8.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Measurements after Testing</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Crack Length</td> <td style="text-align: right;">8.2.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Crack Plane Angle</td> <td style="text-align: right;">8.2.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Calculation and Interpretation of Results</td> <td style="text-align: right;">9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Analysis of Test Record</td> <td style="text-align: right;">9.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Validity Requirements on P_{max}/P_Q</td> <td style="text-align: right;">9.1.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Validity Requirements on Specimen Size</td> <td style="text-align: right;">9.1.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Crack Plane Orientation Designations</td> <td style="text-align: right;">9.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Fracture Appearance Descriptions</td> <td style="text-align: right;">9.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Reporting</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Precision and Bias</td> <td style="text-align: right;">11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Special Requirements for Rapid Load (K_{Ic}) Tests</td> <td style="text-align: right;">Annex A7</td> </tr> </table>	Provisions	5.1.1 to 5.1.3	Practical Applications	5.2	Appendix	6	Loading Fixtures	6.2	Displacement Gage Design	Annex A1	Displacement Measurements	6.3	Specimen Size, Configurations, and Preparation	7	Specimen Size Estimates	7.1	Standard and Alternative Specimen Configurations	7.2	Forms of Fatigue Crack Starter Notch	7.3.1	Fatigue Cracking	Annex A2	Crack Extension Beyond Starter	7.3.2.2	Measurements before Testing		Thickness	8.2.1	Width	8.2.2	Starter Notch Root Radius	7.3.1	Specimen Testing		Loading Rate	8.3	Test Record	8.4	Measurements after Testing		Crack Length	8.2.2	Crack Plane Angle	8.2.4	Calculation and Interpretation of Results	9	Analysis of Test Record	9.1	Validity Requirements on P_{max}/P_Q	9.1.2	Validity Requirements on Specimen Size	9.1.3	Crack Plane Orientation Designations	9.2	Fracture Appearance Descriptions	9.3	Reporting	10	Precision and Bias	11	Special Requirements for Rapid Load (K_{Ic}) Tests	Annex A7
Provisions	5.1.1 to 5.1.3																																																														
Practical Applications	5.2																																																														
Appendix	6																																																														
Loading Fixtures	6.2																																																														
Displacement Gage Design	Annex A1																																																														
Displacement Measurements	6.3																																																														
Specimen Size, Configurations, and Preparation	7																																																														
Specimen Size Estimates	7.1																																																														
Standard and Alternative Specimen Configurations	7.2																																																														
Forms of Fatigue Crack Starter Notch	7.3.1																																																														
Fatigue Cracking	Annex A2																																																														
Crack Extension Beyond Starter	7.3.2.2																																																														
Measurements before Testing																																																															
Thickness	8.2.1																																																														
Width	8.2.2																																																														
Starter Notch Root Radius	7.3.1																																																														
Specimen Testing																																																															
Loading Rate	8.3																																																														
Test Record	8.4																																																														
Measurements after Testing																																																															
Crack Length	8.2.2																																																														
Crack Plane Angle	8.2.4																																																														
Calculation and Interpretation of Results	9																																																														
Analysis of Test Record	9.1																																																														
Validity Requirements on P_{max}/P_Q	9.1.2																																																														
Validity Requirements on Specimen Size	9.1.3																																																														
Crack Plane Orientation Designations	9.2																																																														
Fracture Appearance Descriptions	9.3																																																														
Reporting	10																																																														
Precision and Bias	11																																																														
Special Requirements for Rapid Load (K_{Ic}) Tests	Annex A7																																																														
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: right;">Referenced Documents</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Terminology</td> <td style="text-align: right;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Nominal Factor</td> <td style="text-align: right;">3.1.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> Plane-Strain Fracture Toughness</td> <td style="text-align: right;">3.1.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Summary of Test Method</td> <td style="text-align: right;">4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Significance and Use</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> </table>	Referenced Documents	2	Terminology	3	Nominal Factor	3.1.1	Plane-Strain Fracture Toughness	3.1.2	Summary of Test Method	4	Significance and Use	5	<p>1.5 Special requirements for the various specimen configurations appear in the following order:</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: right;">Bend Specimen (SIB)</td> <td style="text-align: right;">Annex A1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Compact Specimen (C(T))</td> <td style="text-align: right;">Annex A4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Arc-Shaped Tension Specimen (AT)</td> <td style="text-align: right;">Annex A3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Disk-Shaped Compact Specimen (DC(T))</td> <td style="text-align: right;">Annex A6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Arc-Shaped Bend Specimen (AB)</td> <td style="text-align: right;">Annex A5</td> </tr> </table> <p>1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.</p>	Bend Specimen (SIB)	Annex A1	Compact Specimen (C(T))	Annex A4	Arc-Shaped Tension Specimen (AT)	Annex A3	Disk-Shaped Compact Specimen (DC(T))	Annex A6	Arc-Shaped Bend Specimen (AB)	Annex A5																																								
Referenced Documents	2																																																														
Terminology	3																																																														
Nominal Factor	3.1.1																																																														
Plane-Strain Fracture Toughness	3.1.2																																																														
Summary of Test Method	4																																																														
Significance and Use	5																																																														
Bend Specimen (SIB)	Annex A1																																																														
Compact Specimen (C(T))	Annex A4																																																														
Arc-Shaped Tension Specimen (AT)	Annex A3																																																														
Disk-Shaped Compact Specimen (DC(T))	Annex A6																																																														
Arc-Shaped Bend Specimen (AB)	Annex A5																																																														
<p>2. Referenced Documents</p> <p>2.1 <i>ASTM Standards:</i> E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials⁴</p>																																																															
<p>¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-8 on Fracture and Fracture and is the direct responsibility of Subcommittee E08.07 on Plane-Strain Fracture.</p> <p>² Current edition approved Nov. 30, 1990. Published April 1991. Originally published as E 399 - 70 T. Last previous edition E 399 - 83.</p> <p>³ For additional information relating to the fracture toughness testing of thin materials, see Method B 643.</p> <p>⁴ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this method.</p>																																																															
<p>* Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.</p>																																																															

Anexo 13. Guía de remisión acero A572



SEDEMI

R.U.C.: 1791734920001

GUÍA DE REMISIÓN

No.001-001-000079431

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN:

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO:

SEDEMI

Dir. Matriz: Sangolquí- Vía Amaguaña Km. 4 1/2 Lotización El Carmen

Dir. Sucursal: VÍA SANGOLQUI AMAGUÑA KM 4 1/2

Contribuyente Especial Irs.: 176

OBIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

RUC / CI (Transportador): 1884472791

Razón social / Nombre y Apellidos: OSOYO REYES

Placa: TDL-598

Punto de Partida: VÍA SANGOLQUI KM 4 1/2 LOTIZACIÓN EL CARME

Fecha Inicio Transporte: 27/10/2020 En transporte 27/10/2020

Comprobante de Venta: Fecha de Emisión:

Número de Autorización:

Motivo traslado: VENTA

Destino (Punto de llegada): AMBATO

RUC / CI (Destinatario): 1791734920001

Razón Social / Nombre y Apellidos: SEDEMI S.C.C.

Documento Aduanero:

Código Establecimiento Destino:

Ruta:

Cantidad	Descripción	Código Principal	Código Auxiliar	Unidad
1,20	PLANCHA LISA 35,0 mm SOBRIANTE A572-G50 NEGRO	12.54.52.530.03		UNDO
1,20	PLANCHA LISA 10,0 mm SOBRIANTE A572-G50 NEGRO	12.54.52.370.04		UNDO
1,20	PLANCHA LISA 12,0 mm SOBRIANTE A572-G50 NEGRO	12.54.52.390.05		UNDO

Información Adicional

Proyecto: 0320999

OT: 100890

Observación: VENTA



El Emisor: JUAN CARLOS JAIME HERIBERTO

Fecha y Hora: 27-10-2020 13:25



Conducir: DIEGO REYES

Fecha y Hora: 27-10-2020

Recibido por:

Fecha y Hora: