

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS  
PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM  
A588 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”**

---

Trabajo de Investigación  
Previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

**Autor:** Alex Xavier Izurieta Gallo

**Tutor:** Ing. Mg. Cristian Pérez

Ambato-Ecuador

2015

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigativo “**ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**”. Elaborado por Alex Xavier Izurieta Gallo, egresado de la facultad de ingeniería Civil y Mecánica, carrea de Ingeniería Mecánica. Certifico que el presente informe es original de su autor, ha sido revisado en cada uno de sus capítulos, está concluido y puede continuar con el trámite correspondiente al plan de tesis aprobado.

**Ambato, Febrero de 2015**

**EL TUTOR**

-----  
**ING. MG. CRISTIAN PÉREZ**

## **AUTORÍA**

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “**ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Febrero de 2015

## **EL AUTOR**

---

Alex Xavier Izurieta Gallo

C. I.: 0502772510

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a mi familia por darme el apoyo incondicional en toda mi vida sobre todo en mi etapa de estudios superiores en especial mis padres, Arturo y Elena, por darme un apoyo constante e incondicional ya que nunca perdieron la confianza depositada en mí para cumplir mi meta.

A mis hermanos Roberto y Paúl por darme un apoyo y comprensión constante en momentos difíciles de mi etapa.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecerle infinitamente a Dios por hacer posible un sueño trazado desde mi niñez de ser Ing. Mecánico y sobre todo por darme la fuerza y voluntad necesaria para vencer los obstáculos que se han presentado durante el periodo de estudios superior, agradecerles a mis padres por darme la vida y formarme en mi juventud y hacer posible que me convierta en una persona de bien y útil para la sociedad.

## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN EJECUTIVO.....	XXI
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1.- TEMA: .....	1
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.2.2.- ANÁLISIS CRÍTICO .....	2
1.2.3.- PROGNOSIS .....	3
1.2.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.5.- PREGUNTAS DIRECTRICES .....	3
1.2.6.- DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.- JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4.- OBJETIVOS.....	6
1.4.1.- OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>

2.- MARCO TEÓRICO .....	7
2.1.- ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3.- FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	9
2.4.- CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	11
2.4.1.- Ingeniería Mecánica.....	12
2.4.1.1.- Puentes Metálicos .....	13
2.4.1.2.- Acero Estructural A588 .....	14
2.4.2.- Proceso de Fabricación .....	16
2.4.3.- Soldadura por arco eléctrico .....	17
2.4.3.1.- Circuito de soldadura por arco eléctrico.....	17
2.4.3.2.- Clases de corriente eléctrica. ....	18
2.4.3.3.- Tipos de soldaduras. ....	20
2.4.3.4.- Las discontinuidades en soldadura. ....	21
2.4.3.5.- Exceso de penetración .....	21
2.4.3.6.- Falta de penetración.....	22
2.4.3.7.- Socavaduras o mordeduras. ....	22
2.4.3.8.- Soldadura de acero A588.....	23
2.4.3.9.- Soldadura FCAW.....	24
2.4.3.10.- Aplicaciones principales.....	25
2.4.3.11.- Equipo.....	26
2.4.3.12.- Ventajas de FCAW .....	27
2.4.3.13.- Limitaciones de FCAW .....	28
2.4.3.14.- Tipos de juntas.....	29
2.4.3.15.- Diseño de las juntas .....	32
2.4.4.- Procesos de corte térmico y preparación de las juntas.....	33
2.4.4.1.- Corte por plasma.....	34
2.4.4.2.- Arc air .....	38
2.4.5.- Propiedades Mecánicas.....	40
2.4.6.- Ensayo de materiales .....	42

2.4.6.1.- Metalografía de los aceros al carbono .....	42
2.4.6.2.- Cambios microestructurales en la zona afectada por el calor. ....	43
2.4.6.3.- Ensayo de tracción. ....	44
2.4.6.4.- Parámetros de los ensayos de tracción. ....	45
2.4.6.5.- Ensayo de impacto. ....	47
2.4.6.6.- Objetivo del ensayo. ....	48
2.4.6.7.- Ensayo de doblado guiado .....	49
2.5.- HIPÓTESIS .....	51
2.6.- SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	51
2.6.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE.....	51
2.6.2.- VARIABLE DEPENDIENTE .....	51
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>52</b>
3.- METODOLOGÍA .....	52
3.1.- ENFOQUE.....	52
3.1.1.- ENFOQUE CUALI-CUANTITATIVO .....	52
3.2.- MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
3.2.1.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	52
3.2.2.- INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	52
3.3.- NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	53
3.3.1.- EXPLORATORIO.....	53
3.3.2.- DESCRIPTIVA .....	53
3.3.3.- EXPLICATIVA.....	53
3.3.4.- ESTUDIO DE CASOS .....	53
3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.4.1.- POBLACIÓN O UNIVERSO .....	54
3.4.2.- MUESTRA .....	54
3.5.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	55
3.6.- RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	57



3.6.1 FICHAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	57
3.7.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....	58
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>61</b>
4.- ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	61
4.1.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	61
4.2.- PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	61
4.2.1.- ANÁLISIS DEL ACERO ASTM A588 DE FÁBRICA. ....	66
4.2.1.1.- ANÁLISIS METALOGRÁFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	67
4.2.1.2.- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	71
4.2.1.3.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	81
4.2.1.4.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	82
4.2.2.- ENSAYO DE METALOGRÁFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ASTM A588.....	92
4.2.2.1- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	96

4.2.2.2.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	106
4.2.2.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	107
4.2.3.- ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ASTM A588.....	117
4.2.3.1.- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	121
4.2.3.2.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	131
4.2.3.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÈRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.....	132
4.3.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	142
4.3.1.-INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN.....	142
4.3.2.-INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO.....	152
4.3.3.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE DOBLES GUIADO.....	153
4.3.4.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO METALOGRAFICO.....	159
4.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	166

4.4.1.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	169
4.4.2.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	170
4.4.3.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	171
4.4.4.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	172
4.4.5.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en el ensayo de doblado guiado con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	173
4.4.6.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	175
4.4.7.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	176
4.4.8.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	177
4.4.9.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	178
4.4.10.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frío (sierra).....	179

<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>184</b>
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	184
5.1.- CONCLUSIONES .....	184
5.2.-RECOMENDACIONES:.....	186
 <b>CAPÍTULO VI</b> .....	 <b>187</b>
6.- PROPUESTA.....	187
6.1.- DATOS INFORMATIVOS.....	187
6.2.- ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	188
6.3.- JUSTIFICACIÓN .....	188
6.4.- OBJETIVOS .....	189
6.4.1.- GENERAL.....	189
6.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	189
6.5.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	189
6.6.- FUNDAMENTACIÓN.....	190
6.6.1.- CÁLCULOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN.....	190
6.6.1.2.- Cálculo de la Resistencia a la Cedencia.....	192
6.6.1.3.- Cálculo del porcentaje de elongación .....	193
6.6.1.4.- Cálculo del porcentaje de reducción de área .....	193
6.6.1.5.- Cálculo del Módulo de Young.....	194
6.6.1.6.- Cálculo de la Resistencia a la Cedencia.....	196
6.6.1.7.- Cálculo del porcentaje de elongación con la ecuación 6.4 .....	197
6.6.1.8.- Cálculo del porcentaje de reducción de área con la ecuación 6.5... 197	
6.6.1.9.- Cálculo del Módulo de Young.....	197
6.6.2.- ENSAYO DE IMPACTO.....	198
6.6.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO. ....	199
6.6.4.- CÁLCULOS DEL ENSAYO METALOGRAFICO. ....	201
6.6.4.1.- Determinación del Tamaño de Grano.....	201

6.6.4.2.- Determinación del porcentaje de los componentes microestructurales .....	203
6.7.- METODOLOGÍA.....	205
6.7.1.- ENSAYO DE TRACCIÓN. ....	205
6.7.2.- ENSAYO DE IMPACTO.....	218
6.7.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO. ....	224
6.7.4.- ENSAYO DE METALOGRAFÍA .....	233
6.8.- ADMINISTRACIÓN.....	239
6.9.- PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	240
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>241</b>

## FIGURAS

Figura 2. Categorías Fundamentales.....	11
Figura 2.1.- Esquema básico del arco eléctrico.....	17
Figura 2.2.- Flujo eléctrico de la soldadura SMAW. ....	18
Figura 2.3.- Polaridad directa.....	19
Figura 2.4.- Polaridad indirecta.....	19
Figura 2.5.-Exceso de penetración.....	21
Figura 2.6.-Falta de penetración.....	22
Figura 2.7.- Socavaduras o mordeduras.....	22
Figura 2.8.-Equipo soldadura Fcaw .....	27
Figura 2.9.- Uniones a tope.....	29
Figura 2.10.- Unión a traslape.....	30
Figura 2.11.- Unión en ángulo exterior.....	31
Figura 2.12.- Unión a tope con bordes rectos .....	31
Figura 2.13.- Unión a ranura.....	32
Figura 2. 14.- Diseño de juntas típico. ....	33
Figura 2. 15.- Corte por plasma .....	35
Figura 2. 16.- Arc air.....	38

Figura 2. 17.- Equipo Arc air .....	39
Figura 2. 18.- Microestructura del acero A588 .....	43
Figura 2. 19.- Cambios Microestructurales.....	44
Figura 2. 20.- Parámetros de tensión.....	47
Figura 2.21.- Esquema de trabajo del Péndulo Charpy.....	48
Figura 2.22.- Esquema de trabajo del doblado guiado.....	50
Figura 4.1.- Comparación de resistencia a la tracción (Sut), en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm.....	145
Figura 4.2.- Comparación de resistencia a la cedencia (Sy), en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm.....	146
Figura 4.3.- Comparación del % de elongación, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm .....	146
Figura 4.4.- Comparación del % de reducción de área, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm.....	147
Figura 4.5.- Comparación del módulo elástico, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm .....	148
Figura 4.6.- Comparación de resistencia a la tracción (Sut), en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20 mm.....	148
Figura 4.7.- Comparación de resistencia a la cedencia (Sy), en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm.....	149
Figura 4.8.- Comparación del % de elongación, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm .....	150
Figura 4.9.- Comparación del % de reducción de área, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm.....	150
Figura 4.10.- Comparación del módulo elástico, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm .....	151
Figura 4.11.- Comparación de energía de impacto, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air.....	152
Figura 4.12.- Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona soldadura) .....	159

Figura 4.13.- Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona metal base).....	160
Figura 4.14.- Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (ZAT).....	161
Figura 4.15.- Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona soldadura).....	162
Figura 4.16.- Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona metal base) .....	162
Figura 4.17.- Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (ZAT) .....	163
Figura 4.18.- Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona de soldadura).....	164
Figura 4.19.- Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona de metal base).....	165
Figura 4.20.- Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zat) .....	165
Figura 4.21.- Relación de la resistencia a la tensión .....	180
Figura 4.22.- Relación de la resistencia a la tensión.....	181
Figura 4.23.- Relación de la resistencia a la tensión .....	181
Figura 4.24.- Relación de la resistencia a la rotura .....	182
Figura 4.25.- Relación de la resistencia a la rotura .....	182
Figura 6.1.- Proceso para encontrar la resistencia a la cedencia al 0.18%, desplazando del origen en la probeta 1.4 en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en placa de 12 mm de acero ASTM A588. ....	192
Figura 6.2.- Proceso para encontrar la resistencia a la cedencia al 0.18%, desplazando del origen en la probeta 1.4 en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en placa de 20 mm de acero ASTM A588. ....	196
Figura 6.3.- Componentes microestructurales en el cordón de soldadura en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588. ....	203

Figura 6.4.- Componentes microestructurales en el metal base en una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588. ....	204
Figura 6.5.- Componentes microestructurales en la zona térmicamente afectada en una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588. ....	204
Figura 6. 6.- Placas de acero ASTM A588 .....	207
Figura 6. 7.- Corte con plasma CNC.....	207
Figura 6. 8.- Biselado de acuerdo a la norma AWS D1.5 .....	208
Figura 6. 9.- Equipo de soldadura FCAW.....	209
Figura 6. 10.- Proceso de soldado FCAW.....	209
Figura 6. 11.- Pulido del cordón después de cada pasada.....	209
Figura 6. 12.- Pulido del cordón hasta el material base .....	210
Figura 6. 13.- Dimensiones de la probeta para ensayo de tracción (pulg.).....	210
Figura 6. 14.- Corte por plasma CNC de probetas para el ensayo de tracción .....	211
Figura 6. 15.- Probetas de 12 y 20 mm para el ensayo de tracción.....	211
Figura 6. 16.- Colocación de la probeta para el ensayo de tracción.....	212
Figura 6. 17.- Probetas durante el ensayo de tracción.....	212
Figura 6. 18.- Monitor máquina universal .....	213
Figura 6. 19.- Probeta rota en el ensayo de tracción .....	213
Figura 6. 20.- Probeta rota después del ensayo de tracción .....	214
Figura 6.21.- Probetas rotas para toma de medidas .....	214
Figura 6. 22.- Grafico Esfuerzo-Deformación placas de 12 mm .....	217
Figura 6. 23.- Grafico Esfuerzo-Deformación placas de 20 mm .....	217
Figura 6. 24.- Pulido de la superficie... . . . .	219
Figura 6. 25.- Superficie pulida .....	219
Figura 6. 26.- Obtención de las probetas en plasma CNC .....	220
Figura 6. 27.- Probetas para ensayo de Impacto .....	220
Figura 6. 28.- Probetas para ensayo de Impacto .....	221
Figura 6. 29.- Ensayo de Impacto .....	221
Figura 6. 30.- Ubicación de la probeta en el péndulo .....	222
Figura 6. 31.- Probeta después del ensayo de Impacto .....	222



Figura 6. 32.- Resultados del ensayo de Impacto.....	223
Figura 6. 33.- Corte en plasma CNC.....	225
Figura 6. 34.- Biselado del material a soldar .....	226
Figura 6. 35.- Limado del bisel .....	226
Figura 6. 36.- Proceso de soldado FCAW.....	227
Figura 6. 37.- Pulido de la soldadura .....	227
Figura 6. 38.- Corte de las probetas para ensayo de dobles .....	228
Figura 6. 39.- Probetas para el ensayo de dobles .....	228
Figura 6. 40.- Colocación de la probeta para ensayo de dobles .....	229
Figura 6. 41.- Ensayo de dobles .....	229
Figura 6. 42.- Probetas ensayadas .....	230
Figura 6. 43.- Verificación de los defectos .....	230
Figura 6. 44.- Obtención de las probetas a ensayar.....	234
Figura 6. 45.- Probeta cortada.....	235
Figura 6. 46.- Montaje en caliente de la probeta.....	235
Figura 6. 47.- Lijado de la probeta.....	236
Figura 6. 48.- Pulido de la probeta en el paño .....	236
Figura 6. 49.- Ataque químico .....	237
Figura 6. 50.- Secado de la probeta en el ventilador.....	237
Figura 6. 51.- Análisis de la microestructura .....	238

## TABLAS

<b>Tabla 2.1.-</b> Datos de la composición química del acero ASTM A 588 grado A que debería tener según la norma AWS D1.5.....	15
<b>Tabla 2.2.-</b> Propiedades mecánicas del acero A 588.....	16
<b>Tabla 3.1.-</b> Los cuatro casos de estudio serán sometidos a los siguientes ensayos....	54
<b>Tabla 4.1.-</b> Ensayos de tracción norma ASTM E8 y ASTM E111-04.....	61
<b>Tabla 4.2.-</b> Ensayos de impacto norma ASTM E23.....	62
<b>Tabla 4.3.-</b> Ensayos metalográficos norma ASTM E3 y ASTM E112-96.....	62
<b>Tabla 4.4.-</b> Ensayos de doblado guiado norma ASTM E290.....	62

<b>Tabla 4.5.-</b> Parámetros del proceso de corte en frío (sierra). .....	63
<b>Tabla 4.6.-</b> Parámetros del proceso de corte térmico por plasma. ....	64
<b>Tabla 4.7.-</b> Parámetros del proceso de corte térmico por arc air.....	65
<b>Tabla 4.8.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte en frío (sierra).....	142
<b>Tabla 4.9.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte en frío (sierra).....	142
<b>Tabla 4.10.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma. ....	143
<b>Tabla 4.11.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma. ....	143
<b>Tabla 4.12.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air. .	144
<b>Tabla 4.13.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air. .	144
<b>Tabla 4.14.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de impacto en Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior a los procesos de corte en frío (sierra), plasma, y arc air.....	152
<b>Tabla 4.15</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte en frío (sierra) de espesor 12 mm.....	153
<b>Tabla 4.16</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 12 mm.....	154
<b>Tabla 4.17</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de espesor 12 mm.....	155
<b>Tabla 4.18</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte en frío (sierra) de espesor 20 mm.....	156

<b>Tabla 4.19</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 20 mm.....	157
<b>Tabla 4.20</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de espesor 20 mm.....	158
<b>Tabla 4.21.-</b> Tamaño de grano en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588.....	159
<b>Tabla 4.22.-</b> Comparación de porcentaje de perlita en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588. ....	161
<b>Tabla 4.23.-</b> Comparación de porcentaje de ferrita en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588. ....	164
<b>Tabla 4.24.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	167
<b>Tabla 4.25.-</b> Datos tomados de los ensayos de Impacto en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	168
<b>Tabla 4.26.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (Sut) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). ....	169
<b>Tabla 4.27.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (Sy) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). ....	170
<b>Tabla 4.28.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (módulo de elasticidad) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). ....	171
<b>Tabla 4.29.-</b> Datos tomados de los ensayos de Impacto (energía de impacto) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	172
<b>Tabla 4.30.-</b> Datos tomados de los ensayos de dobles en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	173
<b>Tabla 4.31.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (Sut) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). ....	175
<b>Tabla 4.32.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (Sy) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). ....	176

<b>Tabla 4.33.-</b> Datos tomados de los ensayos de tracción (ME) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados). .....	177
<b>Tabla 4.34.-</b> Datos tomados de los ensayos de Impacto (energía de impacto) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	178
<b>Tabla 4.35.-</b> Datos tomados de los ensayos de dobles en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).....	179
<b>Tabla 6.1.-</b> Datos registrados en el ensayo de tracción en placas de 12 mm. ....	190
<b>Tabla 6.2.-</b> Datos registrados en el ensayo de tracción en placas de 20 mm. ....	195
<b>Tabla 6.3.-</b> Resultados del ensayo de impacto para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de acero ASTM A588 .....	198
<b>Tabla 6.4.-</b> Resultados del ensayo de dobles para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en placas de 12 mm de acero ASTM A588 ...	199
<b>Tabla 6.5.-</b> Resultados del ensayo de dobles para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en placas de 20 mm de acero ASTM A588 ...	200
<b>Tabla 6.6.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.	215
<b>Tabla 6. 7.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.	216
<b>Tabla 6.8.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de Impacto en Acero estructural ASTM A588.....	223
<b>Tabla 6.9.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 12 mm.....	231
<b>Tabla 6.10.-</b> Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 20 mm.....	232
<b>Tabla 6.11.-</b> Resultados obtenidos en el ensayo metalográfico en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en el acero estructural ASTM A588. ....	238
<b>Tabla 6.12.-</b> Análisis económico de la propuesta.....	239

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

**ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS  
PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM  
A588 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**

**Autor:** Alex Xavier Izurieta Gallo

**Tutor:** Ing. Mg. Cristian Pérez

**RESUMEN EJECUTIVO**

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la incidencia en las propiedades mecánicas de los procesos de corte térmico en juntas soldadas posterior a ellos, para ello se realizó un análisis microestructural, ensayos de tracción, de dobles, y de impacto en cada caso.

El material utilizado para esta investigación fue el acero ASTM A588 el cual fue sometido a tres tipos de corte por plasma, arc air y en frío (sierra), el cual sirvió como punto de comparación respecto a los procesos de corte térmico.

Para la realización de las juntas soldadas se utilizó el proceso de soldadura FCAW, el cual se ha realizado bajo estándares de construcción de puentes metálicos.

En el análisis metalográfico de juntas soldadas posterior a los procesos de corte se ha llegado a determinar el tamaño de grano y el porcentaje de los componentes presentes en cada zona estudiada (metal base, zona térmicamente afectada, y cordón de soldadura), en el cual nos hemos podido dar cuenta que el tamaño de grano aumenta en el depósito de soldadura esto quiere decir que el material es más dúctil es esta zona

Realizado los ensayos destructivos de tracción, dobles e impacto se llegó a determinar que el mejor proceso de corte térmico es por PLASMA ya que este nos da una mejor combinación en las propiedades mecánicas.

Finalmente se desarrolló un procedimiento de corte y fabricación de juntas soldadas en acero estructural ASTM A588

**Palabras clave:** Corte, plasma, soldadura, Fcaw, propiedades mecánicas, tracción

## **CAPÍTULO I**

### **1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.- TEMA:**

“ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

#### **1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN**

En nuestro planeta desde mucho tiempo atrás los procesos de corte térmico han sido aplicados en diferentes campos de la Ingeniería Mecánica, en el área de la metalmecánica, industrias petroleras, construcciones civiles, en los procesos para la producción de componentes y para la preparación de juntas a soldarse.

Un aspecto muy importante en la fabricación de estructuras metálicas es el corte o remoción del material. Estos procedimientos son usados generalmente antes de la unión por soldar, para conseguir adecuadas formas de las partes o hacer preparaciones de juntas. Durante o después de soldar todos estos métodos de corte pueden ser empleados para remover defectos, realizar reparaciones o dar la forma deseada a los elementos que se fabriquen.

La separación del material se debe principalmente al efecto de las altas temperaturas localizadas sobre una pequeña zona de material, estamos ante los procesos de corte

por chorro térmicos. Tienen un amplio campo de aplicación, y ocupan un segmento cada vez mayor del mercado. Esto se debe en parte, no sólo al incremento en el número de máquinas, sino también a la diversidad de fuentes de energía utilizadas para provocar el aumento térmico localizado para realizar el corte de material.

La preparación de las juntas para las uniones soldadas es de vital importancia para garantizar la calidad de los depósitos de soldadura. Los soldadores tienen que conocer los procesos de corte térmico para preparar adecuadamente los materiales que ellos tienen que soldar. El corte térmico consiste en separar o eliminar el metal de la zona de corte mediante el uso del calor.

En Ingeniería Mecánica es común el uso de procesos de corte para la separación de metales en la aplicación estructural para puentes, la adecuada selección de un método óptimo, eficiente y económico permite la utilización de estos según las necesidades de cada empresa o cualquier trabajo.

### **1.2.2.- ANÁLISIS CRÍTICO**

En el sector industrial debido a las múltiples aplicaciones del acero, este se ve expuesto a muchos procesos de corte térmico para después ser soldados, los cuales causan alteraciones en su estructura metalográfica disminuyendo o aumentando su tamaño de grano, también causando alteraciones en su dureza, por dicha razón es de vital importancia saber qué proceso es más eficiente y económico para determinado espesor.

En vista de que en los procesos de corte térmico se manejan altas temperaturas para realizar el corte es necesario realizar un análisis en el material, la cual intervienen varias dificultades como carencia de información sobre el procedimiento de análisis de la microestructura y costos elevados de equipos para realizar el proceso con técnicas adecuadas, escasos centros de capacitación para la correcta elección de los procesos para mencionado material. El cual ayuda para evitar pérdidas de material,

tiempo y económicas por una mala elección del proceso, el cual nos ayudaría para la determinación de sus propiedades mecánicas.

### **1.2.3.- PROGNOSIS**

De no llevarse la ejecución del presente estudio, se desconocería la incidencia en las propiedades mecánicas de cada proceso de corte térmico aplicada al acero estructural ASTM A588, también se desconocería los efectos que producen los procesos de corte térmico a la soldadura efectuada posteriormente y a su vez los factores subsecuentes a esto lo que sería la pérdida de material y el ahorro de dinero.

### **1.2.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas a tope causaran los procesos de corte térmico por plasma y oxicorte en el acero estructural ASTM A588?

### **1.2.5.- PREGUNTAS DIRECTRICES**

1. ¿Qué procesos de corte térmico son los más adecuados para cortar acero estructural A588?
2. ¿Qué propiedades mecánicas son necesarias analizar en una junta soldada a tope después de realizar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588?
3. ¿Cómo se modificará la estructura metalográfica de una junta soldada a tope realizada después de efectuar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588?
4. ¿Cómo variará la resistencia a la tracción de una junta soldada a tope realizada después de efectuar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588?



5. ¿Qué resultados se obtendrán al realizar los ensayos de impacto de una junta soldada a tope realizada después de efectuar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588?
6. ¿Qué resultados se obtendrán al realizar los ensayos de doblado guiado de una junta soldada a tope realizada después de efectuar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588?

### **1.2.6.- DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El análisis de las propiedades mecánicas en juntas soldadas a tope luego de efectuar los procesos de corte térmico por plasma y arc air en el acero estructural ASTM A588 se realizó en la ciudad de Ambato y en el laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN.**

La importancia de realizar este proyecto involucra una investigación teórico-práctica ya que se pretende desarrollar una fuente de información para los estudiantes y personas involucradas con la industria metalmeccánica, quienes contarán con información concreta para la realización de trabajos futuros.

El objetivo de este estudio es realizar ensayos metalográfico, de tracción, impacto, dobles guiado y de dureza para para determinar en qué medida afectan los procesos de corte térmico a las juntas soldadas.

Una de las más grandes preocupaciones que existe hoy en día en las industria es la constante avería de piezas soldadas sin tener una razón concreta del porque ocurren éstas.

Es por eso que surge el interés de investigar que le ocurre a la estructura del material en procesos anteriores a la soldadura como es el corte, ya que en la mayoría de casos los elementos soldados son previamente sometidos a procesos de corte térmico, es

por eso la finalidad de realizar este estudio, con el cual podríamos llegar determinar si dichos procesos de corte alteran su estructura considerablemente, también nos diría qué tipo de proceso se debería utilizar para cortar acero estructural ASTM A588 sin que este sufra alteraciones mayores en su estructura para posteriormente ser soldados.

Conforme avance el presente estudio planteado, se pretende suministrar una clara idea de las mejores condiciones de aplicación para cada proceso de corte por soldadura no solo tomando en cuenta los aspectos generales a las normas sino que también mediante un análisis metalográfico se pueda llegar a determinar bajo qué condiciones cada proceso es mejor.

El siguiente análisis se basa en los procesos de corte térmico más comunes en la industria metalmecánica nacional como son el oxicorte y corte por plasma. Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas, por lo que para seleccionar un proceso hay que tener en cuenta los costos relacionados con el volumen de corte, el equipo requerido y las capacidades que debe tener el operador.

Los métodos de corte por plasma y oxicorte, serán tratados por separado en virtud a su diverso campo de aplicación, se investigaran los fundamentos y principios de funcionamiento, el equipo involucrado, también sus aplicaciones en procesos generales, procedimientos de operación y corte, la calidad de corte y materiales que pueden ser procesados.

Con la ejecución de este proyecto pretendemos determinar si los procesos de corte térmico realizados antes de la soldadura afectan las propiedades mecánicas del cordón soldado, para ello se pretende hacer un análisis comparativo con una junta soldada que haya sido cortada en frío previo a la soldadura, para con ello llegar a concluir si los procesos de corte térmico inciden en las propiedades mecánicas del material posteriormente soldado.

Es de vital importancia realizar esta investigación, ya que con ello podemos aumentar la vida útil de las juntas soldadas y así también disminuir los continuos trabajos de mantenimiento que se realizan en los puentes metálicos.

#### **1.4.- OBJETIVOS.**

##### **1.4.1.- OBJETIVO GENERAL**

Determinar las propiedades mecánicas en las juntas soldadas a tope luego de efectuar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588

##### **1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Realizar los procesos de corte térmico por plasma y arc air en el acero estructural ASTM A588
2. Determinar las propiedades mecánicas de tracción, impacto, metalográficas y doblado guiado de una junta soldada de acero ASTM A588.
3. Determinar la variación de la estructura metalográfica de una junta soldada a tope después de realizar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.
4. Determinar la variación de resistencia a la tracción de una junta soldada a tope después de realizar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.
5. Realizar los ensayos de impacto de una junta soldada a tope después de realizar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.
6. Realizar los ensayos de dobles de una junta soldada a tope después de realizar los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.

## CAPÍTULO II

### 2.- MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde hace mucho tiempo atrás los procesos de corte térmico se ha enfocado a la investigación hacia la búsqueda de nuevos procedimientos para realizar el corte térmico en metales, pero cuando los metales cortados son sometidos a suelta ocurren variaciones en las propiedades mecánicas, el interés del presente proyecto es llegar a determinar dichas variaciones ya que este tema no es muy investigado en nuestro medio.

La información que se pudo encontrar referente al tema fue la siguiente.

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Arcos Villacís Pablo Antonio

Fiallos Ortiz Jorge David

**Año de Publicación:** 2010

**Lugar:** Quito, Escuela Politécnica Nacional.

**Tema:** Análisis comparativo de los procesos de corte por plasma, oxicorte y arc air aplicados a metales.

**Repositorio Digital EPN:** <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1548/1/CD-2706.pdf>.

En la cual se determinó que para los aceros de bajo carbono se da una refinación del grano y por lo tanto una nueva disposición de la microestructura en la zona afectada por el calor para los materiales cortados por plasma. Lo contrario ocurre para los demás procesos donde se distingue un crecimiento de grano.

El efecto del corte con arco de carbono y aire sobre la microestructura del material no produjo ningún incremento en la cantidad de carbono presente en el material como podría pensar por la utilización de un electrodo de carbono puesto que para ello sería necesario un tipo especial de tratamiento al material base.

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Harry Jean Pierre Campoverde Naranjo

**Año de Publicación:** 2006

**Lugar:** Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

**Tema:** Estudio de Fabricación de un Puente de Estructuras de Acero Soldadas utilizando el Código AWS D1.5

**Repositorio Digital:**

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12011/3/Tesis%202.pdf>

En la cual se llega a concluir el uso del acero A588 grado A en la fabricación de la estructura de un puente representará un ahorro en costos de mantenimiento, debido a su alta resistencia a la corrosión atmosférica.

## **2.2.- FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Para llevar a cabo la investigación se requiere el paradigma crítico propositivo ya que el tema a indagar se encuentra influenciado por valores, tales como el de la contribución a la sociedad debido a que se ha visto la necesidad de analizar las propiedades mecánicas en juntas soldadas después de aplicar los procesos de corte

térmico. Además la investigación es participativa ya que en la misma se acogen ideas de varias fuentes de aporte, así como la opinión misma de los investigadores; es abierta y flexible, ya que a cada instante con el surgir de nuevas ideas se las atiende a estas como posibles alternativas de mejora a la investigación.

Mediante el paradigma propuesto se podrá plantear alternativas de solución al presente problema en desarrollo, siempre enfocándose a un desarrollo de fácil comprobación y proporcionando una correcta comprensión.

Es propicio para la participación de los actores sociales, lo que permitirá que estos se vean beneficiados con los resultados de dicha investigación, por tal motivo de la presencia de actores sociales nace la obligación de que la investigación este sometida a cambios de ser necesario.

Además permitirá una correcta interpretación, comprensión y explicación de las variables involucradas en esta investigación para considerar las cualidades más no las cantidades que en el desarrollo de dicha investigación se podrán encontrar y producir durante el transcurso investigativo del tema.

Es propicio para la participación de los actores sociales, lo que permitirá que estos se vean beneficiados con los resultados de dicha investigación, por tal motivo de la presencia de actores sociales nace la obligación de que la investigación este sometida a cambios de ser necesario.

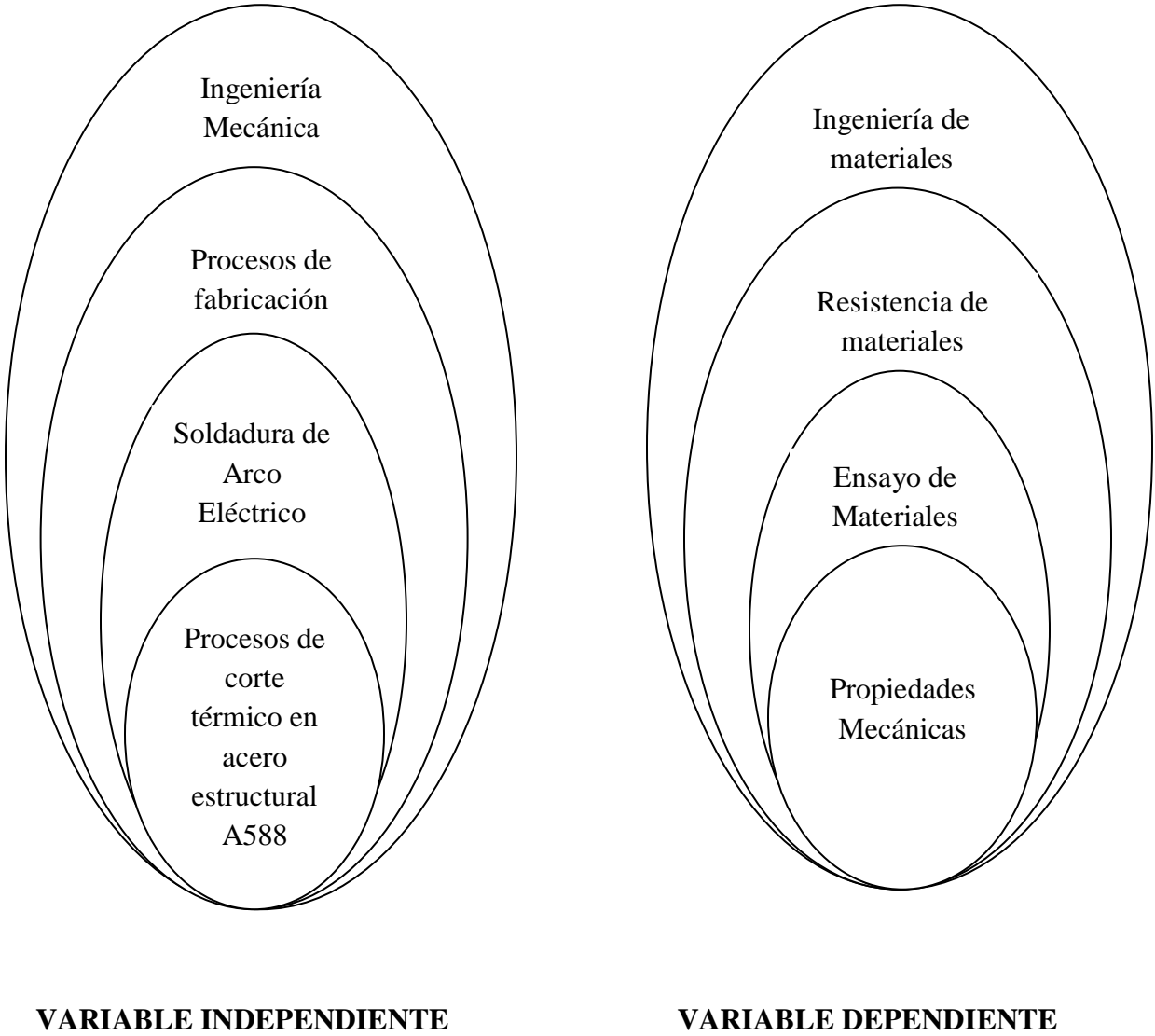
### **2.3.- FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Existen normas en las cuales se apoyara la presente investigación, las que se detallan a continuación:

- Norma ASTM E 8-00 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (Ensayo de tracción)

- Norma ASTM E 3-01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens (Ensayo de microestructuras)
- Norma ASTM E 23-00 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials (Ensayo de impacto)
- Norma ASTM E 112-96 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size (Determinación de tamaño de grano).
- Norma ANSI Z49.1:2012 Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes
- Norma ASTM E111 – 04 Standard Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus.
- Norma ASTM E-190 Flexure test for the ductility of metals
- AWS D1.5:2011 Código de Soldadura de Puentes
- Norma ASTM E-290 Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility
- Norma A588 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4-in. [100–mm] Thick

**2.4.- CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**



**Figura 2.** Categorías Fundamentales.



### **2.4.1.- Ingeniería Mecánica**

La ingeniería mecánica es un campo muy amplio que implica el uso de los principios de la física para el análisis, diseño, fabricación de sistemas mecánicos. Tradicionalmente, ha sido la rama de la ingeniería que mediante la aplicación de los principios físicos, ha permitido la creación de dispositivos útiles, como utensilios y máquinas. Los ingenieros mecánicos usan principios como el calor, las fuerzas, la conservación de la masa y la energía para analizar sistemas físicos estáticos y dinámicos, contribuyendo a diseñar objetos. La ingeniería mecánica es la rama que estudia y desarrolla las máquinas, equipos e instalaciones, considerando siempre los aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad. Para cumplir con su labor, la ingeniería mecánica analiza las necesidades, formula y soluciona problemas técnicos mediante un trabajo multidisciplinario y se apoya en los desarrollos científicos, traduciéndolos en elementos, máquinas, equipos e instalaciones que presten un servicio adecuado, mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles (Naula, 2014.).

#### **A. Campos de acción**

Los campos de la ingeniería mecánica se dividen en una cantidad extensa de sub disciplinas. Muchas de las disciplinas que pueden ser estudiadas en Ingeniería mecánica pueden tratar temas en común con otras ciencias de la ingeniería. Un ejemplo de ello son los motores eléctricos que se solapan con el campo de los ingenieros eléctricos o la termodinámica que también es estudiada por los ingenieros químicos.

Los campos que abarca son muy diversos pero los más generales serían:

- Mecánica de sólidos: estática y dinámica (típicamente estructuras y máquinas)
- Mecánica de fluidos

- Energía
- Fabricación
- Producción
- Materiales

#### **2.4.1.1.- Puentes Metálicos**

El progreso hecho en equipos de soldadura y electrodos, el avanzado arte y ciencia del diseño para soldadura, y el desarrollo en confianza y aceptación de la soldadura se combinan para hacer de la soldadura un fuerte implemento para la expansión de la industria de la construcción. (Campoverde, 2006).

“El principal objetivo al fabricar estructuras soldadas para puentes es que tengan suficiente resistencia y rigidez, que sean económicas y que puedan montarse de manera práctica, ya que la función principal de un puente es la de soportar el tránsito vehicular u otros sobre un cruce, que puede ser un río, una línea de tránsito, etc.” (Campoverde, 2006).

“Los puentes de carreteros se diseñan para cargas de camiones o vehículos distribuidos en forma que produzcan esfuerzos equivalentes a los causados por el tráfico previsto. Además una estructura no sólo debe soportar en forma segura las cargas a que esté sujeta, sino que debe soportarlas de modo que las deformaciones y vibraciones no sean tan grandes y puedan afectar la integridad del puente” (Campoverde, 2006).

Se especifica en la norma que el material a utilizarse en construcciones metálicas debe ser el acero **ASTM A588**

#### **2.4.1.2.- Acero Estructural A588**

El acero A588 es un acero poco aleado de alta resistencia a la corrosión atmosférica, no necesita de ningún tipo de recubrimiento en cualquier tipo de atmósfera a la que se encuentre expuesto. Además la exposición a la atmósfera normal causa un óxido adherente en la superficie que protege al acero contra la corrosión. Cuando el acero A588 se utiliza en la condición revestida, la vida de capa es típicamente más larga que con otros aceros. (Campoverde, 2006).

El acero estructural tiene las siguientes ventajas:

**Alta resistencia:** El acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, por lo que las cargas muertas serán menores (de gran importancia en puentes de gran claro) (Campoverde, 2006).

**Uniformidad:** Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como sucede con las del concreto reforzado (Campoverde, 2006).

**Elasticidad:** El acero está más cerca de la hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, porque sigue la Ley de Hooke hasta para esfuerzos relativamente altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden ser calculados con precisión, en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzado son un tanto indefinidos (Campoverde, 2006).

**Durabilidad:** Las estructuras de acero durarán más tiempo del previsto si se les realiza un buen mantenimiento (Campoverde, 2006).

**Ductilidad:** Los aceros estructurales usuales soportan grandes deformaciones sin fallar, bajo esfuerzos de tensión elevados (Campoverde, 2006).

Algunas otras ventajas del acero estructural son: (a) adaptación a prefabricación, (b) rapidez de montaje, (c) soldabilidad, (d) tenacidad y resistencia a la fatiga, (e) posible

reutilización después de que la estructura se desmonte, y (f) valor de rescate (chatarra) (Campoverde, 2006).

El acero como material estructural puede tener las siguientes desventajas:

**Costo de mantenimiento:** La mayoría se corroen y deben pintarse periódicamente. En este caso se utilizará un acero resistente a la corrosión que no requerirá con el tiempo altos costos de mantenimiento (Campoverde, 2006).

**Costo de protección contra incendio:** Aunque el acero es incombustible, su resistencia se reduce a temperaturas elevadas (Campoverde, 2006).

**Susceptibilidad al pandeo:** Para columnas (tornapuntas) no siempre resulta económico, porque debe utilizarse una considerable cantidad de material tan solo para reforzar las columnas (tornapuntas) y evitar su pandeo (Campoverde, 2006).

### **Soldabilidad**

Está especificado en la norma que un acero A588 tiene una buena **soldabilidad** si cumple en su composición química con los siguientes requerimientos que se muestran en la tabla 1: (Campoverde, 2006).

**TABLA 2.1.- DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588 GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5**

<b>ELEMENTO</b>	<b>COMPOSICION MIN %</b>
C	0,19
Mn	1,00
Si	0,5
Cr	0,50
V	0,03

**FUENTE:** (Campoverde, 2006).

**TABLA 2.2.- PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO A 588**

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	<b>VALOR</b>
Resistencia a la Fluencia	50 KPSI
Resistencia ultima a la tracción	70 KPSI
Módulo de elasticidad	29 MPSI
Dureza	400 HR

**FUENTE:** (Campoverde, 2006).

#### **2.4.2.- Proceso de Fabricación**

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

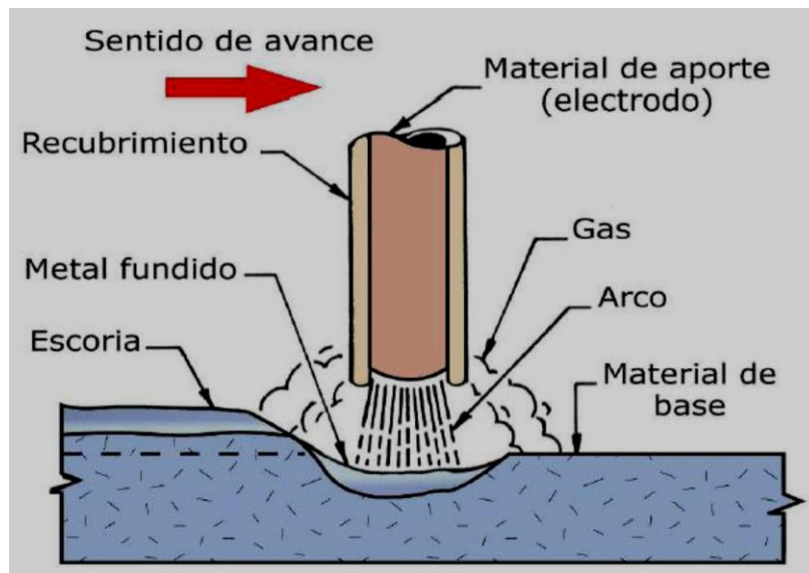
Para la obtención de un determinado producto serán necesarias multitud de operaciones individuales de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse proceso tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina/herramienta.

La producción, la transformación industrial, la distribución, la comercialización y el consumo son las etapas del proceso productivo.

Para la fabricación de estructuras metálicas los procesos de corte del acero y el proceso de soldadura son los más importantes al momento de su construcción.

### 2.4.3.- Soldadura por arco eléctrico

Un arco eléctrico es una descarga de corriente eléctrica a través de una separación en un circuito. Se sostiene por una presencia de una columna de gas térmicamente ionizada (denominada plasma) a través de la cual fluye la corriente. En un proceso de arco eléctrico. El arco eléctrico se inicia al acercarse el electrodo a la pieza de trabajo, después del contacto el electrodo se separa rápidamente de la pieza a una distancia corta. La energía eléctrica del arco eléctrico así formado produce temperatura de 5500°C o mayores, que son lo suficientemente calientes para fundir cualquier metal (Masabanda, 2009, p.8).



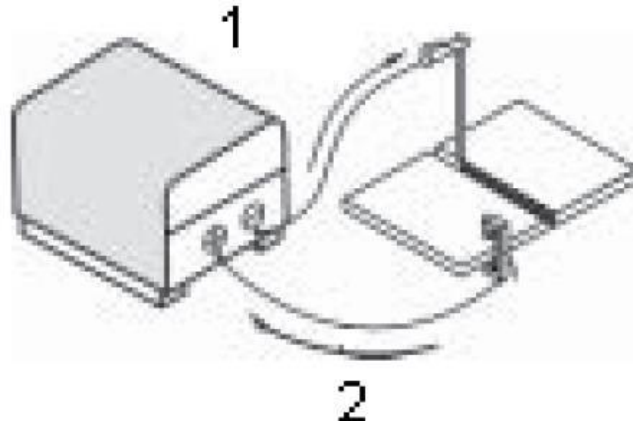
**Figura 2.1.-** Esquema básico del arco eléctrico.

**FUENTE:** <http://bibdigital.epn.edu.ec> pdf

#### 2.4.3.1.- Circuito de soldadura por arco eléctrico.

La corriente fluye a partir del borne de la máquina de soldar, donde se fija el cable del electrodo (1), y termina en el borne de la máquina, donde se fija el cable de tierra o de trabajo (2) como puede observar en la figura 2.2, partir del punto (1) la corriente fluye al porta electrodo y por este el electrodo; por el extremo del electrodo salta la electricidad a

la pieza formando el arco eléctrico; sigue fluyendo la electricidad por el metal base al cable de tierra (2) y vuelve a la máquina. El circuito está establecido solo cuando el arco se cierra (Masabanda, 2009, p.9).



**Figura 2.2.-** Flujo eléctrico de la soldadura SMAW.

**FUENTE:** <http://bibdigital.epn.edu.ec> pdf

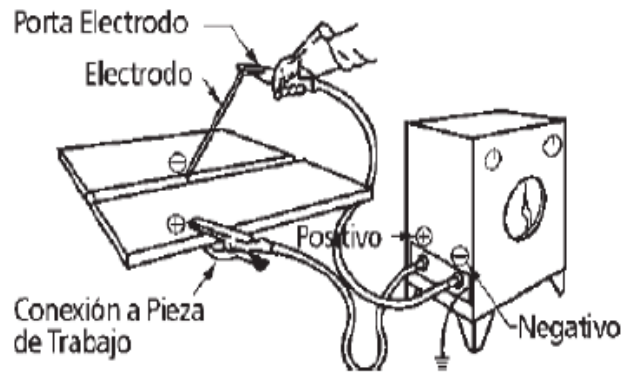
#### **2.4.3.2.- Clases de corriente eléctrica.**

**Corriente alterna (AC).** El flujo de corriente varía de una dirección a la opuesta. Este cambio de dirección se efectúa 120 veces por segundo. El tiempo comprendido entre los cambios de dirección positiva o negativa se conoce con los nombres de ciclos o periodo (60 ciclos).

**Corriente continua (DC).** EL flujo de corriente conserva siempre una misma dirección; del polo negativo al polo positivo (Masabanda, 2009, p.10).

**Polarizar.-** en corriente continua es importante saber la dirección del flujo de corriente. La dirección de flujo de corriente en el circuito de soldadura es expresada en término de polaridad.

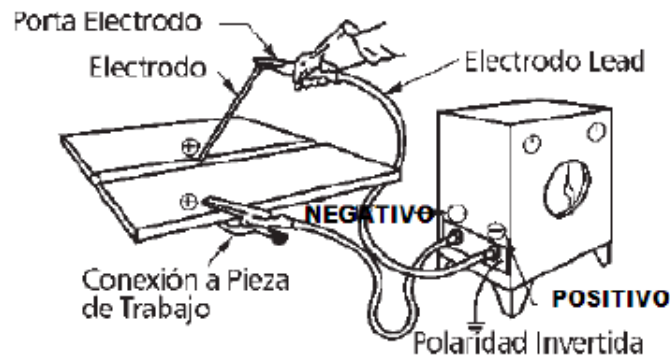
**Polaridad directa.** Se denomina así, si el cable del porta electrodo es conectado al polo negativo (-) de la fuente de poder y el cable de tierra al polo positivo (+). Ver figura 2.3.



**Figura 2.3.-** Polaridad directa.

**FUENTE:** <http://bibdigital.epn.edu.ec> pdf.

**Polaridad indirecta.** Se denomina así, si el cable del porta electrodos es conectado al polo (+) de la fuente de poder y el cable de tierra al polo negativo (Masabanda, 2009, p. 11).



**Figura 2.4.-** Polaridad indirecta.

**FUENTE:** <http://bibdigital.epn.edu.ec> pdf



#### **2.4.3.3.- Tipos de soldaduras.**

Uno de los aspectos de diseños de juntas es el correspondiente al tipo de soldadura que se utiliza en junta. Existen 5 tipos básicos de soldadura que son:

**Las soldaduras de cordón.** Se hacen en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno u otro lado. Esta soldadura se utiliza principalmente para reconstruir superficies desgastadas, y en muy pocos casos para juntas.

**Las soldaduras ondeadas.** Se logra haciendo el cordón con algo de movimiento hacia uno u otro lado el ancho del cordón depende del diseño o la necesidad. Entre estas soldaduras hay también varios tipos, como el zigzag, el circular, el oscilante y otros. Las soldaduras ondeadas también se usan primordialmente para la reconstrucción de superficies (Henry, 2003, p. 118).

**Las soldaduras de filetes.** Son muy similares a los de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que estas, y a menudo se prefieren en condiciones similares por razones de economía, las soldaduras de solo filete no son a veces tan resistentes como las soldaduras de ranura.

**Soldadura de tapón y agujeros alargados.** Sirven principalmente para hacer las veces de los remaches. Se emplean para unir por fusión dos piezas de metal cuyos bordes, por alguna razón no pueden fundirse puede soldar un círculo interior (de tapón), o una abertura o ranura alargada, dejando las orillas libres (Henry, 2003).

**Las soldaduras de ranuras.** Se hacen en la ranura que queda entre dos piezas de metal estas soldaduras se emplean en muchas combinaciones, dependiendo de la accesibilidad, de la economía del diseño, y del tipo de proceso de soldadura que se aplique y comprende de ángulo de ranura, cara de ranura, radio de ranura.

**Electrodo para soldadura de arco.** El desarrollo de electrodos recubiertos con fundente, capaces de producir soldaduras con propiedades físicas que igualen o sobrepasen las del metal base, ha convertido a la soldadura de arco en el proceso de

soldadura más generalizada. Antes del desarrollo del electrodo recubierto, los gases atmosféricos que rodeaban la zona de soldadura de alta temperatura, formaban óxidos y nitruros con el metal de la soldadura. En general los óxidos tienen bajas resistencias a la tensión, y baja ductilidad por lo cual tienden a reducir las propiedades normales de los metales de base (Henry, 2003, p. 120).

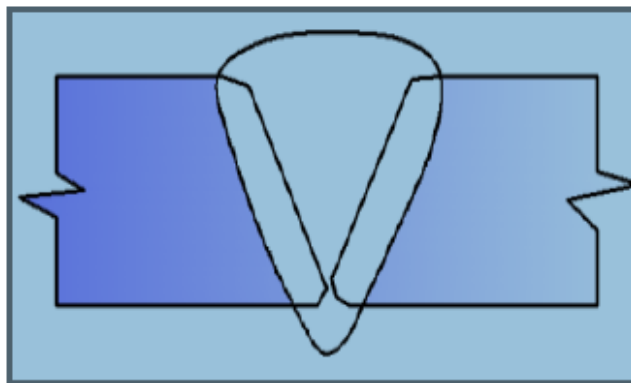
#### **2.4.3.4.- Las discontinuidades en soldadura.**

Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica.

En particular, al realizar un ensayo no destructivo (END) se cataloga como defecto a toda discontinuidad o grupo de discontinuidades cuyas indicaciones no se encuentran dentro de los criterios de aceptación especificados por la norma aplicable.

#### **2.4.3.5.- Exceso de penetración**

Se produce por efecto de un movimiento que causa la penetración del electrodo dentro de los biselos, los cuales son distribuidos en esas áreas. Causa que el material chorree al interior y puede retener escoria o no en su interior. Este defecto puede producir en soldadura de gaseoductos, desgaste por erosión (Oswaldo, 2011, p.48).

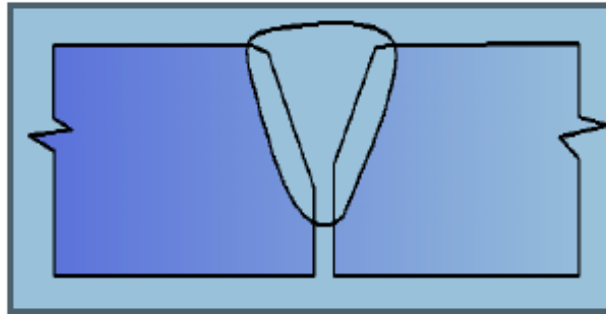


**Figura 2.5.-Exceso de penetración.**

**FUENTE:** Calero Rodríguez, Oswaldo Leonardo tesis pdf.

#### 2.4.3.6.- Falta de penetración.

Como en las uniones en U o en V son visibles por la cara posterior, esta imperfección puede considerarse superficial.

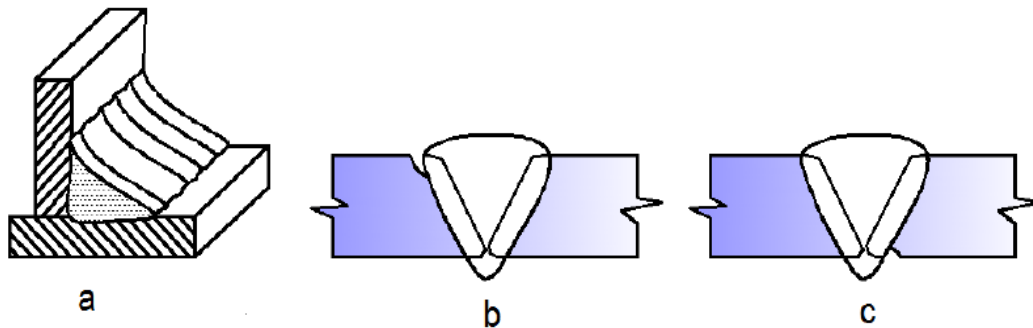


**Figura 2.6.-**Falta de penetración

**FUENTE:** Calero Rodríguez, Oswaldo Leonardo tesis pdf.

#### 2.4.3.7.- Socavaduras o mordeduras.

La mordedura es una ranura fundida en el metal base, adyacente a la raíz de una soldadura o sobremonta, que no ha sido llenada por el metal de soldadura.



**Figura 2.7.-** Socavaduras o mordeduras

**FUENTE:** Calero Rodríguez, Oswaldo Leonardo tesis pdf.

## **Causa**

- Intensidad de soldeo demasiado elevada.
- Angulo de desplazamiento excesivamente pequeño. (Electrodo perpendicular a la pieza).
- Arco largo o elevado.

## **Solución.**

- Seleccionar la intensidad adecuada para el diámetro, posición y tipo de electrodo.
- Inclinar el electrodo hasta que el ángulo de desplazamiento sea de 5-10°.
- Utilizar una longitud de arco igual al diámetro del electrodo, o la mitad de este si este es básico. (Oswaldo, 2011, p.48-49)

### **2.4.3.8.- Soldadura de acero A588**

El método a utilizar para el soldado de las juntas en acero A588 para puentes será: FCAW.

El tipo de alambre que se utilizará para el soldado de las juntas en acero A588 será el E81T1-Ni2C.

**Alambre E81T1-Ni2C.-** Es un alambre tubular para toda posición, produce depósitos de alta resistencia mecánica y excelentes propiedades al impacto a bajas temperaturas tanto después de soldado, como luego de un alivio de tensiones, esto se debe al cuidadoso equilibrio de los elementos aleantes agregados en el interior del alambre tubular. Trabaja con mezcla de Ar/CO<sub>2</sub>, produce un arco suave fácilmente controlable con una transferencia similar al arco spray.

La escoria es de fácil remoción que sujeta firmemente al charco fundido en soldaduras en posición. El porcentaje de Níquel mayor a 2% permite obtener buenas propiedades de impacto en el metal depositado (Sailema, 2014).

Análisis químico del metal depositado

Gas Protección CO<sub>2</sub> = 100%

Carbono = 0,065 %

Manganeso = 0,94 %

Silicio 0 0,37 %

Níquel = 2,42 %

Fosforo = 0,011 %

Azufre = 0,018 %

#### **2.4.3.9.- Soldadura FCAW**

La soldadura por arco con núcleo de fundente (flux cored arc welding, FCAW) es un proceso de soldadura por arco que aprovecha un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. Este proceso se emplea con protección de un fundente contenido dentro del electrodo tubular, con o sin un escudo adicional de gas de procedencia externa, y sin aplicación de presión.

El electrodo con núcleo de fundente es un electrodo tubular de metal de aporte compuesto que consiste en una funda metálica y un núcleo con diversos materiales pulverizados. Durante la soldadura, se produce un manto de escoria abundante sobre la superficie de la franja de soldadura.

El aspecto que distingue al proceso FCAW de otros procesos de soldadura por arco es la inclusión de ingredientes fundentes dentro de un electrodo de alimentación

continua. Las notables características de operación del proceso y las propiedades de la soldadura resultante se pueden atribuir al empleo de este tipo de electrodo.

El proceso FCAW tiene dos variaciones principales que difieren en su método de protección del arco y del charco de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos (oxígeno y nitrógeno). Una de ellas, la FCAW con autoprotección, protege el metal fundido mediante la descomposición y vaporización del núcleo de fundente en el calor del arco. El otro tipo, la FCAW con escudo de gas, utiliza un flujo de gas protector además de la acción del núcleo de fundente. En ambos métodos, el material del núcleo del electrodo proporciona una cubierta de escoria sustancial que protege el metal de soldadura durante su solidificación.

Normalmente, la soldadura por arco con núcleo de fundente es un proceso semiautomático, aunque también se emplea para soldadura automática y mecanizada. (Oswaldo, 2011).

#### **2.4.3.10.- Aplicaciones principales**

Las aplicaciones de las dos variantes del proceso FCAW se traslapan, pero las características específicas de cada una las hacen apropiadas para diferentes condiciones de operación. El proceso se emplea para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros inoxidable y hierros colados. También sirve para soldar por puntos uniones traslapadas en láminas y placas, así como para revestimiento y deposición de superficies duras.

El tipo de FCAW que se use dependerá del tipo de electrodos de que se disponga, los requisitos de propiedades mecánicas de las uniones soldadas y los diseños y embotamiento de las uniones. En general, el método autoprotegido puede usarse en aplicaciones que normalmente se unen mediante soldadura por arco de metal protegido. El método con escudo de gas puede servir para algunas aplicaciones que se unen con el proceso de soldadura por arco de metal y gas. Es preciso comparar las

ventajas y desventajas del proceso FCAW con las de esos otros procesos cuando se evalúa para una aplicación específica (Oswaldo, 2011).

En muchas aplicaciones, el principal atractivo de la soldadura por arco con núcleo de fundente, en comparación con la de arco de metal protegido, es la mayor productividad. Esto generalmente se traduce en costos globales más bajos por kilogramo de metal depositado en uniones que permiten la soldadura continua y están fácilmente accesibles para la pistola y el equipo de fabricación en general, recubrimiento, unión de metales FCAW. Las ventajas consisten en tasas de deposición elevadas, mantenimiento y reparación (Oswaldo, 2011).

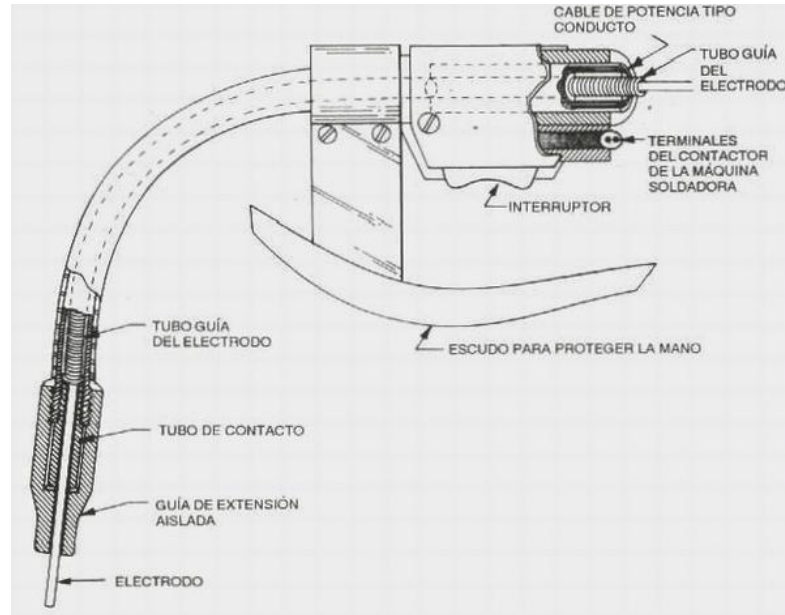
La FCAW tiene amplia aplicación en trabajos de fabricación en taller, mantenimiento y construcción en el campo. Se ha usado para soldar ensambles que se ajustan al Código de calderas y recipientes de presión de la ASME, a las reglas del American Bureau of Shipping y a ANSI/AWS D1.1, Código de soldadura estructural – Acero. La FCAW tiene categoría de proceso precalificado en ANSI/AWS D1.1

#### **2.4.3.11.- Equipo**

El equipo básico para la soldadura por arco con núcleo de fundente autoprotegida y con escudo de gas es similar. La principal diferencia radica en el suministro y regulación del gas para el arco en la variante con escudo de gas. La fuente de potencia recomendada es la de cc de voltaje constante, similar a las que se usan para soldadura por arco de metal y gas. Esta fuente deberá ser capaz de trabajar en el nivel de corriente máximo requerido para la aplicación específica. La mayor parte de las aplicaciones semiautomáticas usa menos de 500 A. El control de voltaje deberá poderse ajustar en incrementos de un voltio menos. También se usan fuentes de potencia de cc de corriente constante con la suficiente capacidad y controles y alimentadores de alambre apropiados, pero estas aplicaciones son poco comunes.

El propósito del control de alimentación del alambre es suministrar el electrodo continuo al arco de soldadura con una velocidad constante previamente establecida.

La rapidez de alimentación del electrodo determina el amperaje de soldadura suministrado por una fuente de potencia de voltaje constante. Si se modifica esta rapidez, la máquina soldadora se ajustará automáticamente para mantener el voltaje de arco preestablecido. La velocidad de alimentación del electrodo se puede controlar por medios mecánicos o electrónicos (Oswaldo, 2011).



**Figura 2.8.-**Equipo soldadura Fcaw

**FUENTE:** <http://www.monografias.com/trabajos46/soldadura-por-arco/soldadura-por-arco2.shtml#aplicac>

#### **2.4.3.12.- Ventajas de FCAW**

La soldadura por arco con núcleo de fundente tiene muchas ventajas en comparación con el proceso SMAW manual; además, ofrece ciertas ventajas respecto a los procesos SAW y GMAW. En muchas aplicaciones, el proceso FCAW produce metal de soldadura de alta calidad con un costo más bajo y menor esfuerzo por parte del soldador que con SMAW. FCAW es más tolerante que GMAW, y más flexible y adaptable que SAW. Las ventajas citadas pueden resumirse como sigue:



1. Deposito de metal de soldadura de alta calidad.
2. Excelente aspecto de la soldadura: lisa y uniforme.
3. Excelente perfil de las soldaduras de filete horizontales
4. Es posible soldar muchos aceros dentro de un intervalo de espesores amplio.
5. Factor operativo elevado - fácil de mecanizar.
6. Tasa de deposición alta-densidad de corriente elevada.
7. Eficiencia de deposito del electrodo relativamente alta.
8. Diseños de unión económicos en cuanto a su ingeniería.
9. Arco visible - fácil de usar.
10. No requiere tanta limpieza previa como GMAW.
11. Produce menor distorsión que SMAW.
12. Tasa de deposición hasta 4 veces mayor que con SMAW.
13. El empleo de electrodos con autoprotección hace innecesario el equipo para manipular fundente o gas, y tolera mejor las condiciones de movimiento brusco del aire que prevalecen en la construcción en exteriores
14. Mayor tolerancia de contaminantes que podrían causar agrietamiento de la soldadura.
15. Resistencia al agrietamiento de la franja de soldadura inferior.

#### **2.4.3.13.- Limitaciones de FCAW**

Las que siguen son algunas limitaciones de este proceso:

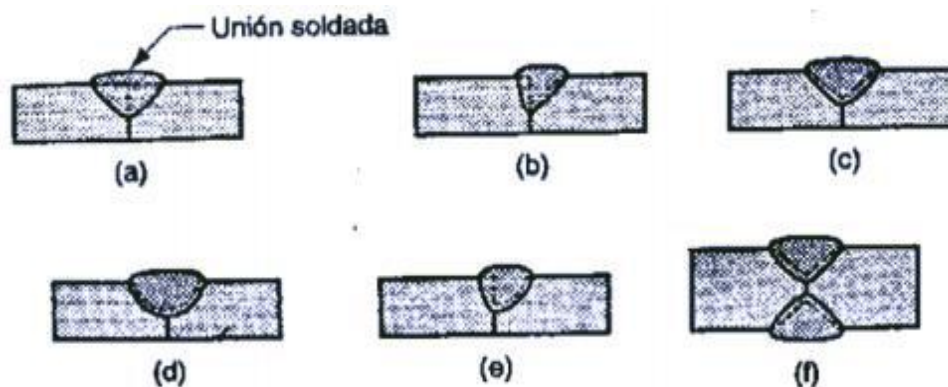
1. El proceso FCAW actual está limitado a la soldadura de metales ferrosos y aleaciones con base de níquel.
2. El proceso produce una cubierta de escoria que es preciso eliminar.
3. El alambre de electrodo para FCAW cuesta más por unidad de peso que el alambre de electrodo sólido, excepto en el caso de algunos aceros de alta aleación.
4. El equipo es más costoso y complejo que el que se requiere para SMAW; no obstante, el aumento en la productividad casi siempre compensa esto.

5. El alimentador de alambre y la fuente de potencia deben estar relativamente cerca del punto de soldadura.
6. En la versión con escudo de gas, el escudo externo puede sufrir efectos adversos por el viento y las corrientes de aire. Esto no es un problema con los electrodos autoprottegidos, excepto cuando hay vientos muy fuertes, porque el escudo se genera en el extremo del electrodo, que es exactamente donde se requiere.
7. El equipo es más complejo que el de SMAW, por lo que requiere mayor mantenimiento.
8. Se genera mayor cantidad de humos y vapores (en comparación con GMAW o SAW).

#### 2.4.3.14.- Tipos de juntas.

##### a).- Unión a tope o empalmada.

Es la más utilizada y consiste en unir las chapas situadas en el mismo plano para chapas superiores a 6 mm o para soldar por ambos lados, hay que preparar los bordes. El objetivo de esta soldadura es conseguir una penetración completa y que constituya una transición lo más perfecta posible entre los elementos soldados (Andalucía, 2010).



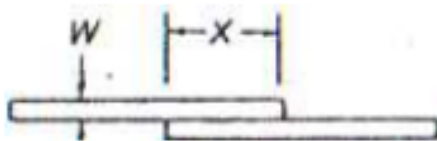
**Figura 2.9.- Uniones a tope**

**FUENTE:** <http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd6731.pdf>

- a) Soldadura a tope cuadrada
- b) un lado; soldadura de bisel único
- c) soldadura a tope en V único
- d) soldadura a tope en U único
- e) soldadura con a tope único;
- f) soldadura a tope en V doble.

**b).- Unión de solapado, superpuesta o traslape.**

La junta de traslape es una junta indesarmable de dos piezas superpuesta una sobre otra y ofrece la máxima resistencia mecánica incluso cuando se emplea metales de aporte de baja resistencia mecánica, pues la resistencia de esta junta depende de la penetración de las superficies conformadas para quedar en estrechos contactos, más que de los cordones externos ya que el esfuerzo que ha de trabajar las juntas es cortante (Tituaña, 2007).

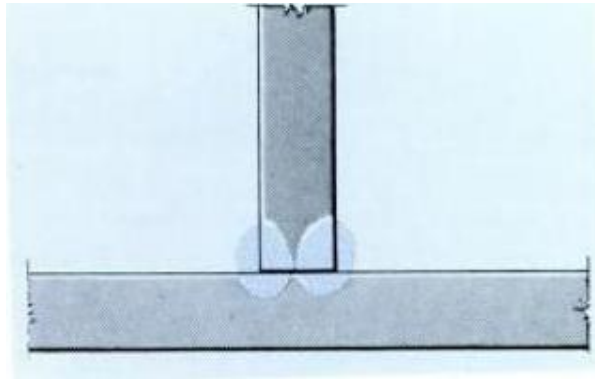


**Figura 2.10.-** Unión a traslape

**FUENTE:** Tesis Cristian Pilla, escuela de formación tecnológica

**c).- Unión de esquinas o ángulo exterior.**

Para la soldadura de este tipo de juntas, sea cual sea el espesor, siempre se precisa la aportación de material. Cuando sea posible, debe realizarse la soldadura de ambos lados el número de pasadas depende del espesor de la pieza y el tamaño requerido para el cordón (Weecks, 2007).

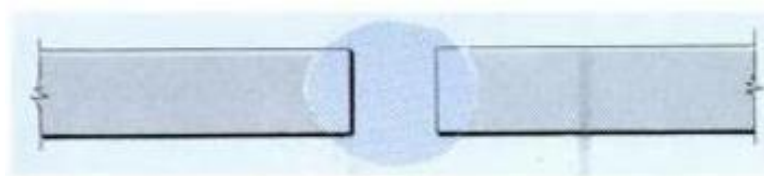


**Figura 2.11.-** Unión en ángulo exterior

**FUENTE:** Técnicas y prácticas de soldadura de Joseph W.

**d).- Unión de borde.**

Independientemente del tipo de junta, para obtener una soldadura de calidad resulta imprescindible una limpieza adecuada de los bordes. Hay que eliminar cuidadosamente toda cantidad de óxido, aceite, grasa, pintura y suciedades. Se utiliza normalmente para espesores finos sin aporte de material (soldadura oxiacetilénica y TIG), el procedimiento de soldeo es crear un baño de fusión con el metal base y desplazarlo por toda la junta (Naula, 2014).

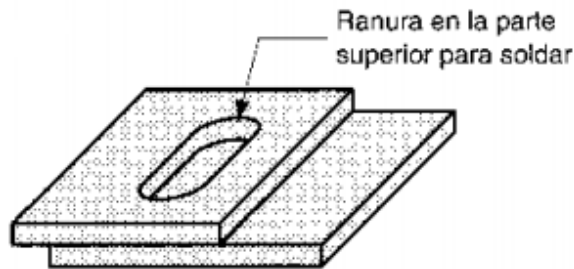


**Figura 2.12.-** Unión a tope con bordes rectos

**FUENTE:** Técnicas y prácticas de soldadura de Joseph W.

**e).- Unión de ranura.**

Las soldaduras con insertos y las soldaduras ranuradas se usan para unir placas planas, como se muestra en la siguiente figura, usando uno o más huecos o ranuras en la parte superior, que después se rellenan con metal para fundir las dos partes (Andalucía, 2010).



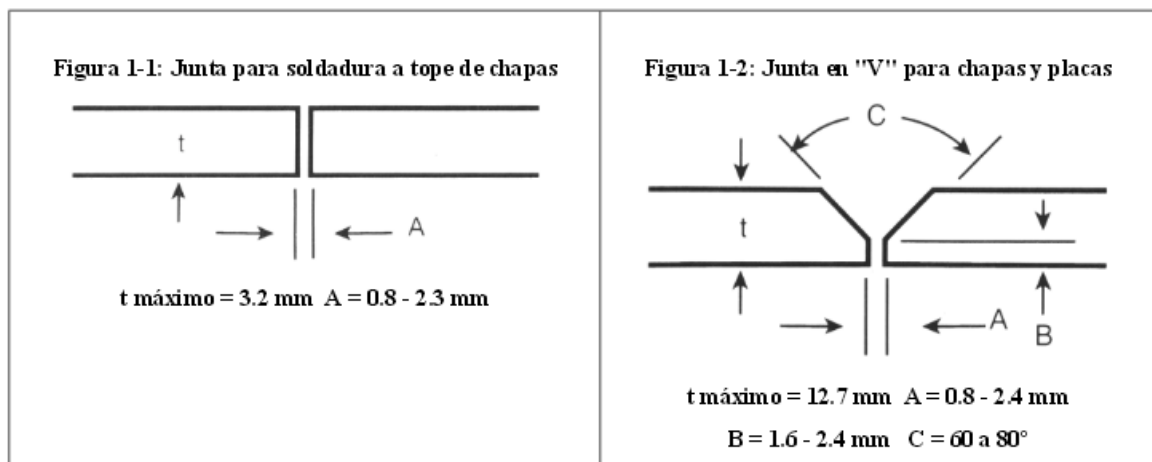
**Figura 2.13.-** Unión a ranura

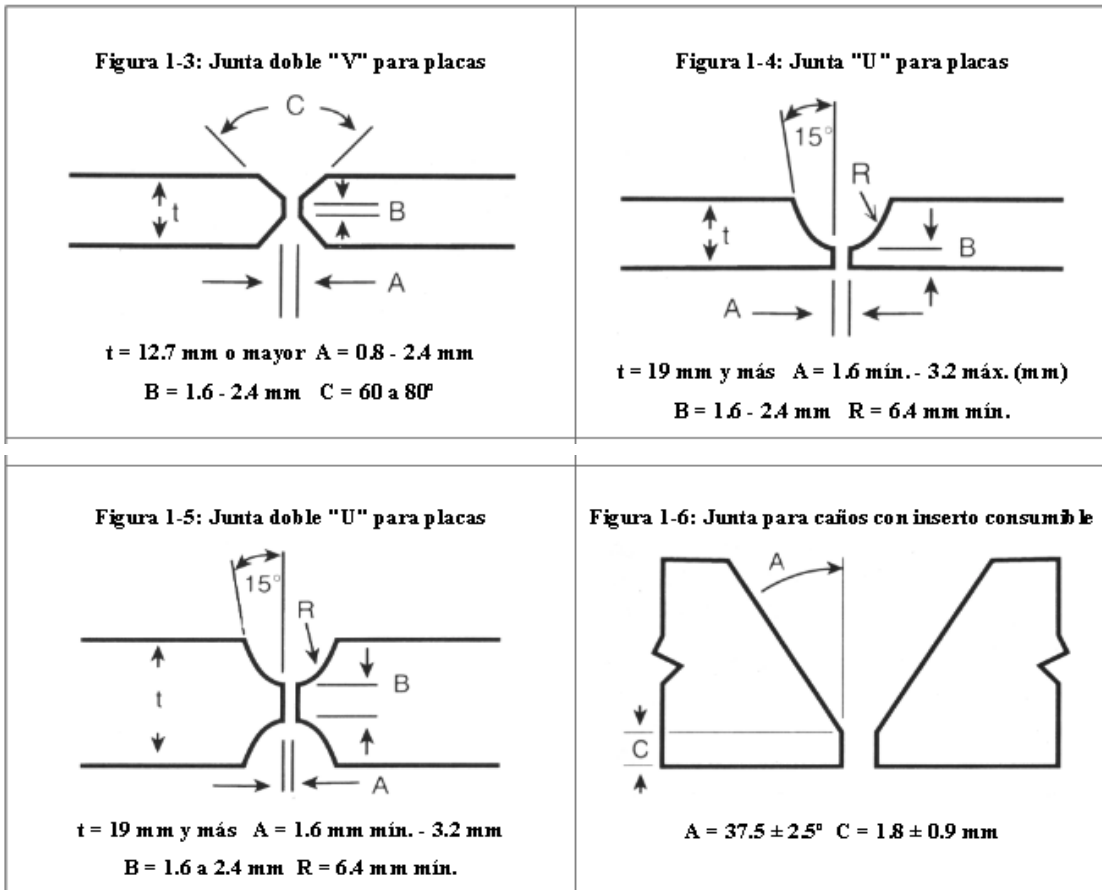
**FUENTE:** <http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd6731.pdf>.

#### 2.4.3.15.- Diseño de las juntas

El diseño de juntas utilizadas para acero de bajo carbono, es similar a las de los aceros ordinarios. El diseño de juntas seleccionada debe producir una soldadura de resistencia apropiada y desempeño en servicio, manteniendo bajos los costos. Las soldaduras a tope deberán ser con penetración completa, para servicio en atmósferas corrosivas. Los filetes de soldadura no necesitan tener penetración completa, siempre que se suelden ambos lados y las puntas para evitar espacios vacíos que puedan juntar líquido y permitir la corrosión por rendijas (Naula, 2014).

El diseño de juntas para la soldadura de chapas y planchas ver figura 2.14





**Figura 2. 14.-** Diseño de juntas típico.

**FUENTE:** <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>

#### 2.4.4.- Procesos de corte térmico y preparación de las juntas.

La preparación de las juntas para las uniones soldadas es de vital importancia para garantizar la calidad de los depósitos de soldadura. Los soldadores tienen que conocer los procesos de corte térmico para preparar adecuadamente los materiales que ellos tienen que soldar. El corte térmico consiste en separar o eliminar el metal de la zona de corte mediante el uso del calor.

A continuación se muestra un resumen de los procesos de corte más usados en la industria metalmecánica según la clasificación de la ANSI/AWS (Arcos, Fiallos, 2010).

#### **2.4.4.1.- Corte por plasma**

El fundamento del corte por plasma se basa en elevar la temperatura del material a cortar de una forma muy localizada y por encima de los 20.000 °C, llevando el gas utilizado hasta el cuarto estado de la materia, el plasma, estado en el que los electrones se disocian del átomo y el gas se ioniza (se vuelve conductor).

El procedimiento consiste en provocar un arco eléctrico estrangulado a través de la sección de la boquilla del soplete, sumamente pequeña, lo que concentra extraordinariamente la energía cinética del gas empleado, ionizándolo, y por polaridad adquiere la propiedad de cortar (Millán, 2006).

Resumiendo, el corte por plasma se basa en la acción térmica y mecánica de un chorro de gas calentado por un arco eléctrico de corriente continua establecido entre un electrodo ubicado en la antorcha y la pieza a mecanizar. El chorro de plasma lanzado contra la pieza penetra la totalidad del espesor a cortar, fundiendo y expulsando el material (Millán, 2006).

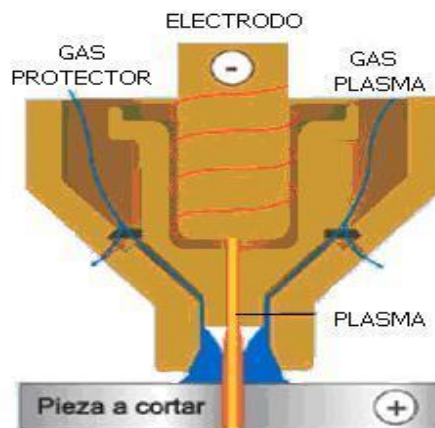
La ventaja principal de este sistema radica en su reducido riesgo de deformaciones debido a la compactación calorífica de la zona de corte. También es valorable la economía de los gases aplicables, ya que a priori es viable cualquiera, si bien es cierto que no debe de atacar al electrodo ni a la pieza (Millán, 2006).

No es recomendable el uso de la cortadora de plasma en piezas pequeñas debido a que la temperatura es tan elevada que la pieza llega a deformarse.

El corte por Arco de Plasma (PAC) corta metales al fundir una zona localizada del material con un arco eléctrico restringido que remueve el material fundido con un chorro de alta velocidad de gas ionizado caliente (Millán, 2006).

El proceso de PAC puede utilizarse para cortar cualquier metal eléctricamente conductor si su espesor y forma permiten la penetración completa del chorro de plasma. Como el proceso PAC se puede usar para cortar materiales no ferrosos y es más rápido que el corte de combustible oxigenado con materiales ferrosos de menos de tres pulgadas de espesor, es la alternativa más económica para muchas aplicaciones industriales (Millán, 2006).

El equipo de PAC está disponible para cortar un amplio rango de espesores de materiales, y el plasma a precisión puede generar cortes de calidad láser en algunas aplicaciones con costos de equipo y operativos significativamente más bajos (Millán, 2006).



**Figura 2. 15.-** Corte por plasma

**FUENTE:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plasma\\_boquilla.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plasma_boquilla.JPG).

### **Características del proceso**

Esta moderna tecnología es usable para el corte de cualquier material metálico conductor, y más especialmente en acero estructural, inoxidable y metales no férricos (Millán, 2006).

El corte por plasma puede ser un proceso complementario para trabajos especiales, como pueden ser la producción de pequeñas series, la consecución de tolerancias muy ajustadas o la mejora de acabados (Millán, 2006).



También se produce una baja afectación térmica del material gracias a la alta concentración energética del arco-plasma. El comienzo del corte es prácticamente instantáneo y produce una deformación mínima de la pieza (Millán, 2006).

Este proceso permite mecanizar a altas velocidades de corte y produce menos tiempos muertos, (no se necesita precalentamiento para la perforación).

Permite espesores de corte de 0.5 a 160 milímetros, con unidades de plasma de hasta 1000 amperios (Millán, 2006).

El corte por plasma también posibilita mecanizados en acero estructural con posibilidad de biselados hasta en 30 milímetros (Millán, 2006).

Una de las características más reseñables es que se consiguen cortes de alta calidad y muy buen acabado.

### **Equipo necesario**

El equipo necesario para aportar esta energía consiste en un generador de alta frecuencia alimentado por energía eléctrica, gas para generar la llama de calentamiento, y que más tarde se ionizará (argón, hidrógeno, nitrógeno), un electrodo y porta electrodo que dependiendo del gas puede ser de tungsteno, hafnio o circonio, y por supuesto la pieza a mecanizar (Millán, 2006).

### **Variables del proceso**

Las variables del proceso son:

- Gases empleados.
- El caudal y la presión de los mismos.
- Distancia boquilla pieza.
- Velocidad del corte.
- Energía empleada o intensidad del arco.

Las variables como el caudal, la presión del gas-plasma, la distancia boquilla-pieza y la velocidad del corte se pueden ajustar en las máquinas de corte por plasma existentes en el mercado según cada pieza a cortar. Su calidad varía en función del control de esos parámetros para conseguir mejor acabado de las piezas y mayor productividad (Millán, 2006).

### **Ventajas respecto al proceso de oxicorte**

El corte con plasma a diferencia del oxicorte, tiene un espectro de aplicación sobre materiales más amplio.

Su costo operativo es sensiblemente inferior al oxicorte y la facilidad de su operación hace posible trabajar en corte manual con plantillas de chapa con un acabado de la pieza prácticamente definitivo (Millán, 2006).

Especialmente se puede destacar la versatilidad para cortar metales de espesores delgados, lo cual con oxicorte no sería posible.

Otras desventajas del oxicorte son la baja calidad de corte y el efecto negativo sobre la estructura molecular, al verse afectada por las altas temperaturas y metales ferrosos al cromo-níquel (aceros inoxidable), además del aluminio y el cobre.

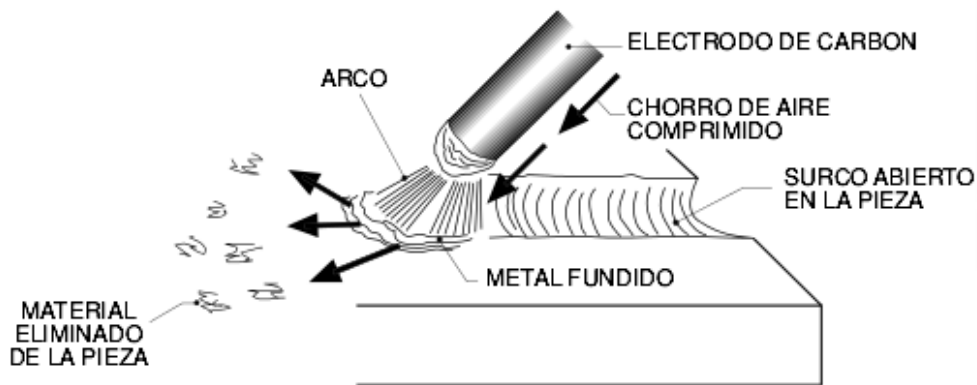
Adicionalmente, el corte con plasma es un proceso que brinda mayor productividad toda vez que la velocidad de corte es mayor, dependiendo del espesor del material hasta 6 veces mayor, lo cual entrega una razón de coste-beneficio mejor que el oxicorte (Millán, 2006).

Además, con el corte por plasma conseguimos una mayor precisión y limpieza en la zona de corte que con el oxicorte convencional (Millán, 2006).

#### 2.4.4.2.- Arc air

Se trata de un proceso de mecanizado que utiliza simultáneamente el aire comprimido y la energía producida por un arco eléctrico que salta entre un electrodo de carbono y la pieza metálica que se quiere mecanizar (Millán, 2006).

El aire comprimido, dirigido paralelamente al electrodo, expulsa el metal en estado de fusión originado por el arco eléctrico, dejando la superficie trabajada limpia y brillante. (Ver figura 2.15)



**Figura 2. 16.-** Arc air

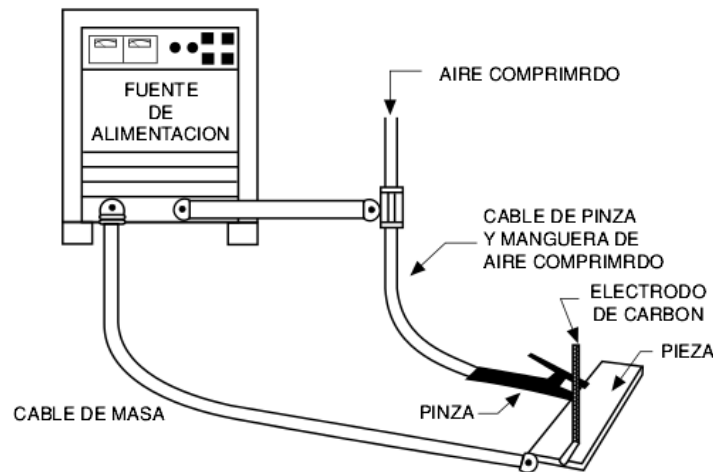
**FUENTE:** <http://www> [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc air.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc_air.jpg)

En la operación de arco-aire se introduce carbono del electrodo en el material que se está trabajando, pero esta cantidad es muy pequeña. La cantidad de carbono que se introduce es del orden de 0,04% sobre un espesor de 0,1 mm, es decir, una fina capa superficial, el resto de carbono del electrodo es barrido por el aire a presión (Millán, 2006).

#### **Equipo a emplear**

En el procedimiento arc air se emplean los siguientes elementos:

- Aire comprimido
- Corriente eléctrica
- Porta electrodos
- Electrodo



**Figura 2. 17.-** Equipo Arc air

**FUENTE:** <http://www> [http://commons.wikimedia.org/wiki/File: Equipo Arc air.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equipo_Arc_air.jpg)

### **Aire comprimido**

El aire comprimido a emplear puede ser de cualquier fuente pero se ha de evitar que tenga mucha agua o aceite (defecto del aire procedente de algunos compresores).

Para los portaelectrodos normalmente empleados, se recomienda una presión de trabajo del aire comprimido de 6 Kg/cm<sup>2</sup>. Si Esta presión baja, a menos de 5 Kg/cm<sup>2</sup>, el funcionamiento no es correcto.

El caudal de aire varia, en función del tipo de portaelectrodos empleado, entre 700 a 100 ltr/minuto.

### **Corriente eléctrica**

En principio, el procedimiento arco-aire siempre utiliza corriente continua en polaridad inversa. Normalmente siempre se pondrá el polo positivo al electrodo.

Sabemos que el polo positivo tiene mayor temperatura que el negativo y nos interesa que haya más calor en el electrodo que en el metal de base por lo cual, normalmente, se conecta el polo positivo al electrodo (Millán, 2006).

Es importante recordar que los electrodos de carbono necesitan una tensión de arco elevada, del orden de 40 V, y una tensión en vacío del orden de 80 V.

Podemos hacer una recapitulación práctica indicando que:

- Los amperios influyen en el volumen del baño o cantidad de material líquido evacuado.
- Los voltios influyen en la longitud del arco.

#### **2.4.5.- Propiedades Mecánicas.**

En ingeniería, las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener.

##### **Elasticidad**

El término elasticidad designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

##### **Plasticidad**

La plasticidad es la propiedad mecánica que tiene un material para deformarse permanentemente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a tensiones por encima de su límite elástico.

### **Resistencia a la fluencia**

Es la fuerza que se le aplica a un material para deformarlo sin que recupere su antigua forma al parar de ejercerla.

### **Resistencia a la tracción o resistencia última**

Indica la fuerza de máxima que se le puede aplicar a un material antes de que se rompa.

### **Resistencia a la torsión**

Fuerza torsora máxima que soporta un material antes de romperse.

### **Resistencia a la fatiga**

Deformación de un material que puede llegar a la ruptura al aplicarle una determinada fuerza repetidas veces.

### **Dureza**

La dureza es la propiedad que tienen los materiales de resistir el rayado y el corte de su superficie. Por ejemplo: la madera puede rayarse con facilidad, esto significa, que no tiene mucha dureza, mientras que el vidrio cuando lo rayas no queda marca, por lo tanto tiene gran dureza.

### **Fragilidad**

La fragilidad intuitivamente se relaciona con la cualidad de los objetos y materiales de romperse con facilidad. Aunque técnicamente la fragilidad se define más propiamente como la capacidad de un material de fracturarse con escasa deformación, a diferencia de los materiales dúctiles que se rompen tras sufrir acusadas deformaciones plásticas.

## **Tenacidad**

La tenacidad es una medida de la cantidad de energía que un material puede absorber antes de fracturarse. Evalúa la habilidad de un material de soportar un impacto sin fracturarse.

## **Resiliencia o resistencia al choque**

Es la energía que absorbe un cuerpo antes de fracturarse.

### **2.4.6.- Ensayo de materiales**

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material.

Los ensayos de materiales pueden ser de dos tipos, ensayos destructivos y ensayos no destructivos. Estos últimos permiten realizar la inspección sin perjudicar el posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción si fuera necesario.

Los ensayos destructivos más utilizados son:

Ensayo de tracción

Ensayo de flexión

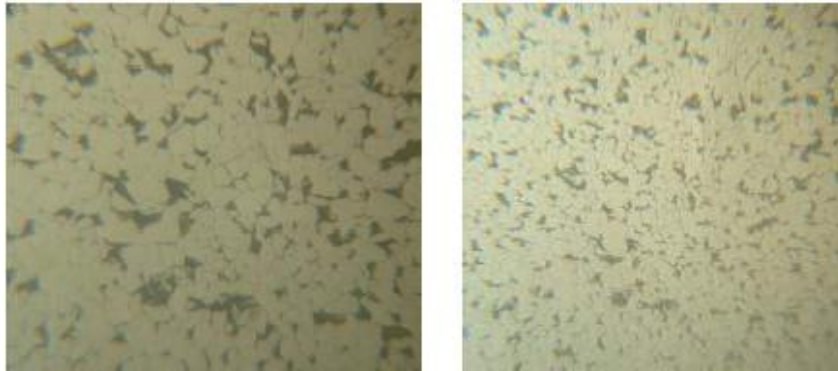
Ensayo de Impacto

Ensayo microestructural, etc.

#### **2.4.6.1.- Metalografía de los aceros al carbono**

En una metalografía podemos estudiar la estructura, composición y propiedades físicas de un metal y sus aleaciones. La metalografía recurre a la microscopia y a la polarimetría para estudiar la superficie de las probetas metálicas previamente pulidas

y atacadas y corroídas con ácidos Generalmente cuando se atacan una superficie metálica, las fronteras de grano de una microestructura serán reveladas como líneas negras. Para una mejor identificación figura 2.17 que es una metalografía hecha al acero A588 (Catarina, 2005).



**Figura 2. 18.-** Microestructura del acero A588

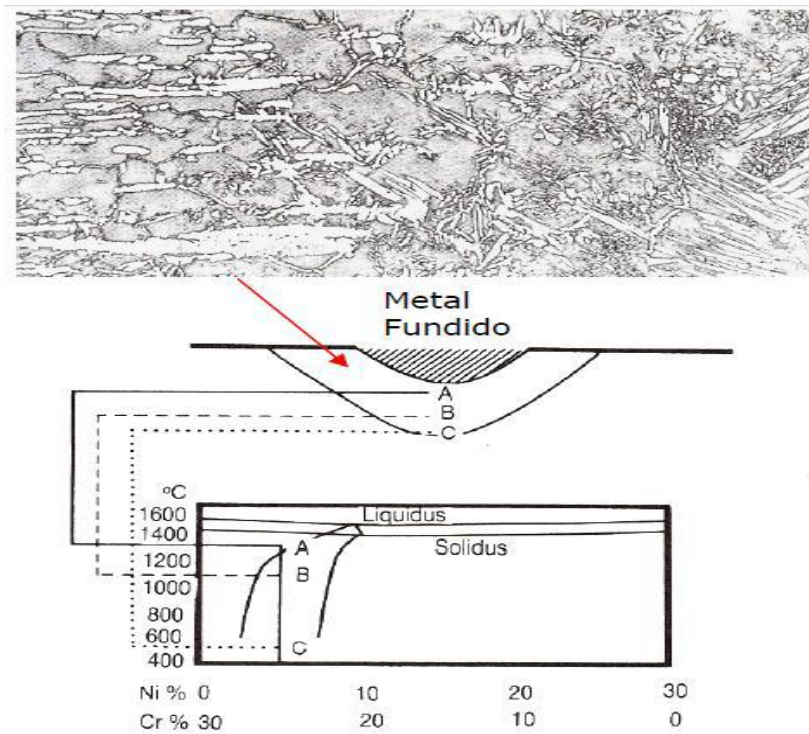
**FUENTE:** [http://www cimuv.univalle.edu.co/imagenes2/metalografia1.gif](http://www.cimuv.univalle.edu.co/imagenes2/metalografia1.gif)

#### **2.4.6.2.- Cambios microestructurales en la zona afectada por el calor.**

Se pueden presentar las siguientes microestructuras en la zona afectada por el calor:

- Un incremento en el contenido de ferrita debido al ciclo térmico de la soldadura, la velocidad de enfriamiento si es muy rápida impide la retransformación de la ferrita formada durante el calentamiento.
- Descomposición parcial de la ferrita con la formación de fases intermetálicas, acompañadas posiblemente por la precipitación de carburos y nitruros, particularmente durante el recalentamiento de los pases de soldadura. El aporte de calor debe mantenerse en el rango de 10 –20 kJ/cm, mientras que la temperatura de interpase debe mantenerse por debajo de 150°C. Un esquema del cambio microestructural ocurrido en la ZAC de un acero inoxidable dúplex donde se presenta la temperatura máxima alcanzada en el ciclo térmico (Yenisey, 2011, p.21-22).





**Figura 2. 19.-** Cambios Microestructurales.

FUENTE: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio.pdf>

#### 2.4.6.3.- Ensayo de tracción.

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

**Ecuación 1** 
$$\sigma = \frac{P}{A_o}$$

Donde  $A_o$  es el área original de la probeta

La deflexión, o extensión de la longitud calibrada, está dada por  $(l - l_0)$  donde  $l$  es la longitud calibrada correspondiente a la carga  $P$ . la deformación unitaria normalmente se calcula a partir de

**Ecuación 2** 
$$\epsilon = \frac{(l - l_0)}{l_0}$$

A la conclusión de la prueba, o durante ella, se grafican los resultados como un diagrama de esfuerzo-deformación unitaria (Shigley, 2008, p. 28-29).

#### **2.4.6.4.- Parámetros de los ensayos de tracción.**

**Alargamiento.-** Incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa con la letra griega delta.

**Deformaciones elásticas.-** En esta zona las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y, si se retirara la carga aplicada, la probeta recuperaría su forma inicial.

**Deformaciones plásticas.-** Si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.

**Estricción.-** Es la reducción de la sección que se produce antes y después de la zona de la rotura, para aceros dúctiles esta reducción es aproximadamente el 50%.

**Fuerza axial (P).-** Es la carga dirigida a lo largo del eje del miembro que se somete a tracción.

**La deformación.-** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica, a veces, la deformación se expresa como porcentaje.

**La ductilidad.-** Es una propiedad del material que le permite deformarse sin romperse, o bien, es medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura.

**La tenacidad.-** Capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura.

**Ley de Hooke.-** Es la relación lineal entre la tensión y la deformación lineal en una barra sometida a tracción.

**Límite de fluencia o límite elástico.-** Valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada. Se expresa en fuerza por unidad de área, generalmente MPa.

**Módulo de elasticidad o Módulo de Young (E).-** Es la relación entre la tensión realizada y la deformación adquirida en el tramo lineal de la curva tensión deformación (región elástica). Su valor es de (210 GPa), para aceros.

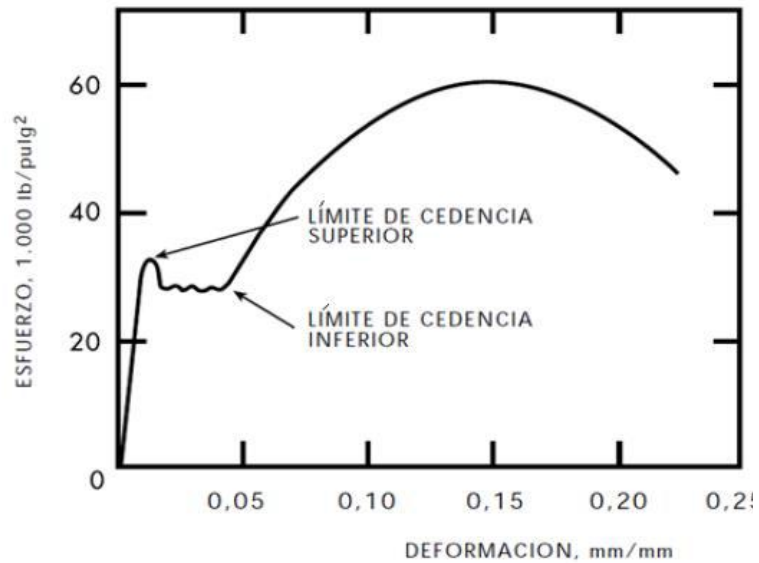
**Porcentaje de alargamiento.-** Es el incremento en longitud producido por la tensión de tracción, 20-30%.

**Resistencia a la tracción.-** Máxima tensión nominal que soporta la probeta a tracción por unidad de área

**Resistencia de rotura.-** Tensión que soporta el material en el punto de rotura. Generalmente se da la deformación en el límite elástico convencional o en el punto de fluencia convencional que corresponde al 0.2% de elongación.

**Tensión.-** Es la intensidad de la fuerza (o sea la fuerza por unidad de área) y se denota con la letra griega sigma (Fernando, 2012, p. 29-31)

### Curva de esfuerzo deformación.



**Figura 2. 20.-** Parámetros de tensión

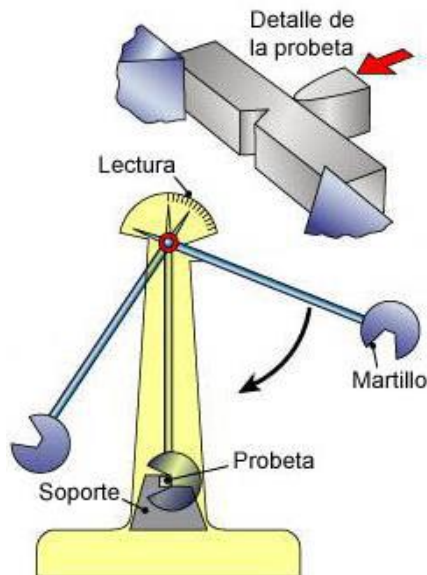
**FUENTE:** Tesis Gusnay Fernando.

#### 2.4.6.5.- Ensayo de impacto.

Los ensayos dinámicos son realizados para valorar la capacidad de resistencia de los materiales metálicos a las cargas de impacto (tenacidad) y determinar su tendencia a la destrucción frágil. Método para determinar el comportamiento del material sometido a la carga de choque en la flexión, tracción o torsión. La cantidad que se suele medir es la energía absorbida al romper la probeta en un único golpe, como en el ensayo de impacto Charpy, el ensayo de impacto Izod y el ensayo de tracción dinámica. Los ensayos de impacto se realizan sometiendo a las probetas a varios golpes de intensidad creciente, como en el ensayo de impacto con caída de bola y el ensayo de impacto con golpe repetido. La elasticidad del impacto y la dureza con escleroscopio se determinan en ensayos de impacto no destructivos (Naula, 2014).

#### 2.4.6.6.- Objetivo del ensayo.

Los ensayos dinámicos de choque se realizan generalmente en máquinas denominadas péndulos o martillo pendulares, en las que se verifica el comportamiento de los materiales al ser golpeados por una masa conocida a la que se deja caer desde una altura determinada, realizándose la experiencia en la mayoría de los casos, de dos maneras distintas el método Izod y el método Charpy. En ambos casos la rotura se produce por flexionamiento de la probeta, la diferencia radica en la posición de la probeta entallada, como se muestra en la figura por lo que se los denomina flexión por choque (Naula, 2014).



**Figura 2. 21.-** Esquema de trabajo del Péndulo Charpy

**FUENTE:** <http://e-educativa.catedu.es> charpy

La muestra se coloca horizontalmente en un patrón especial que garantiza estrictamente la posición de la incisión (ranura, entalla) en la parte media del vano entre los apoyos. El impacto es aplicado desde el lado opuesto a la incisión, en el plano perpendicular al eje longitudinal de la muestra. El péndulo se fija en la posición superior inicial a la altura ha de 1,6 m, lo que corresponde a una velocidad del

cuchillo del péndulo, en el momento del impacto de 5,6 m/s. Luego la uña de fijación se retira, el péndulo cae libremente por efecto de su propia gravedad aplicando un impacto a la muestra, que la encorva y destruye elevándose en relación al eje vertical del péndulo Charpy en un ángulo  $\beta$ . Este ángulo es tanto menor, cuanto mayor es la energía aplicada en el proceso por el péndulo para la deformación y destrucción de la muestra (Naula, 2012).

#### **2.4.6.7.- Ensayo de doblado guiado**

Las normas ASTM E190, AWS B4.0 y API 5L especifican los requisitos para los ensayos de flexión guiados en materiales soldados. Este ensayo proporciona un control de calidad que ayuda a determinar la ductilidad de la soldadura y la eficacia del proceso de soldadura. Durante el ensayo de doblado se aplica una carga en el punto central del material que contiene la soldadura, mientras que el resto de la muestra se apoya en los extremos de la fijación. A continuación, se dobla la pieza 180°. La parte inferior de la muestra se inspecciona visualmente en busca de grietas o defectos. Estas normas de ensayo especifican las muestras requeridas para el ensayo de flexión, así como el equipo y los procedimientos necesarios para realizar el ensayo (Normas y soldaduras, 2007).

Sugerimos el uso de un equipo normalizado con doble área de ensayo con un accesorio de flexión diseñado específicamente para satisfacer la demanda de pruebas de curvatura de las soldaduras y se puede ajustar para adaptarse a diferentes espesores de la muestra. El bastidor con doble área de ensayo permite que el ensayo de doblado se realiza en la zona de compresión en el espacio de ensayo superior pueden realizarse ensayos de tracción.

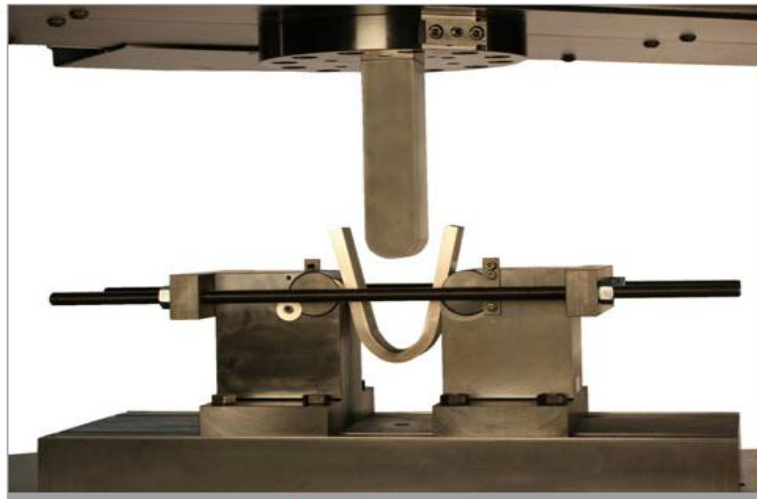
En estos ensayos se utilizan tres tipos de dobleces: el de cara, el de raíz y el lateral. La cara de la soldadura ya terminada se ubica en el exterior y se dobla lo más posible para deformarla al máximo. El doblado de raíz imprime el mayor esfuerzo en la pasada de raíz y es, probablemente la más importante de todas las pruebas. El doblado lateral imprime el mayor esfuerzo a uno u otro lado de la soldadura. Se efectúa

principalmente para poner a prueba placas de gran espesor (1 pulgada o más); sin embargo la prueba de doblado lateral también se puede aplicar a planchas delgadas. Normalmente, el ensayo de doblado determina si el soldador es capaz de realizar soldaduras integra. A esto se debe que sea uno de los primeros ensayos a los que se enfrenta el soldador. La soldadura será aceptable cuando:

- Las grietas en las superficie estirada miden menos de un octavo de pulgada de largo
- Ningún grupo de grietas que tengan una longitud combinada de un octavo de pulgada.

Esta prueba inflexible, pero si el soldador realiza el trabajo con cuidado y la muestra adecuadamente, tendrá resultados positivos.

Además de esmerilar el refuerzo y fresar el refuerzo de soldadura en la superficie de la placa, es necesario redondear las cuatro orillas a lo largo de la muestra cortada. Si no se redondea, se puede formar grietas en alguno de los bordes angulosos con lo que al soldador fallaría (Normas y soldaduras, 2007).



**Figura 2. 22.-** Esquema de trabajo del doblado guiado

**FUENTE:** <http://www.instron.com.ar.jpg>

## **2.5.- HIPÓTESIS**

El estudio de las juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588 permitirá mejorar las propiedades mecánicas.

## **2.6.- SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.6.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE**

Procesos de corte térmico en acero estructural ASTM A588

### **2.6.2.- VARIABLE DEPENDIENTE**

Propiedades Mecánicas



## **CAPÍTULO III**

### **3.- METODOLOGÍA**

#### **3.1.- ENFOQUE**

##### **3.1.1.- ENFOQUE CUALI-CUANTITATIVO**

En el presente estudio a desarrollar utilizaremos un enfoque cuantitativo, ya que se puede obtener cualquier valor dentro de un cierto intervalo, estos valores permitirán verificar como los procesos de corte térmico produce variaciones en las propiedades mecánicas de una junta soldada. Se utilizara también un enfoque cualitativo ya que se utilizará tablas para comparar valores obtenidos.

#### **3.2.- MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

La investigación que se va a realizar es bibliográfica por qué se va a recurrir a información de varios libros, revistas e Internet para obtener información referente al tema de investigación.

##### **3.2.2.- INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

La investigación que se realizará es experimental ya que es necesario analizar y comparar los resultados obtenidos mediante la manipulación directa de los procesos de corte térmico antes de soldarlos, y así poder redactar las conclusiones obtenidas.

### **3.3.- NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente proyecto investigativo, nos referimos a los siguientes:

#### **3.3.1.- EXPLORATORIO**

Dado a que se estudiará la variación de las propiedades mecánicas producidos por los procesos de corte térmico para luego soldarlos generando hipótesis y reconociendo las variables de interés investigativo; y también porque se logrará obtener una mayor objetividad sobre un problema en sí no muy investigado en nuestro medio.

#### **3.3.2.- DESCRIPTIVA**

Dado a que se comparó entre varios fenómenos, situaciones o formas; además de clasificar los modelos de comportamiento en base a ciertos criterios

#### **3.3.3.- EXPLICATIVA**

Se detectarán factores determinantes en las propiedades mecánicas de una junta soldada provocados por los procesos de corte térmico realizados con anterioridad.

#### **3.3.4.- ESTUDIO DE CASOS**

Los casos para este estudio son 4 y se presentan a continuación:

# **DE CASOS** = 2 Tipos de procesos de corte térmico x 2 diferentes espesores

# **DE CASOS** = 4 casos

#### **Tipos de procesos de corte térmico**

Plasma y arc air

## Diferentes espesores de placas de acero ASTM A588

12mm y 20mm

### 3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.4.1.- POBLACIÓN O UNIVERSO

La población sobre la cual versa la investigación está constituida por placas de acero estructural A588, a los cuales se realizarán una serie de pruebas de laboratorio con el objeto de obtener datos acerca de las propiedades mecánicas los cuales deben ser concretos y precisos.

#### 3.4.2.- MUESTRA

**Tabla 3.1.-** Los cuatro casos de estudio serán sometidos a los siguientes ensayos

Ensayos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Sin corte térmico(en frío de 12 y 20 mm)
Tracción	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas
Impacto	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas
Metalográfico	1 probeta	1 probeta	1 probeta	1 probeta	1 probeta
Doblado guiado	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas	5 probetas
					<b>Total: 55</b>

**Caso 1:** Corte por plasma en palca de 12 mm de espesor

**Caso 2:** Corte por plasma en palca de 20 mm de espesor

**Caso 3:** Corte por arc air en palca de 12 mm de espesor

**Caso 4:** Corte por arc air en palca de 20 mm de espesor

### 3.5.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Variable Independiente:** Procesos de corte térmico en acero estructural ASTM A588

Contextualización	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p><b>Procesos de corte térmico</b></p> <p>El fundamento del corte térmico se basa en elevar la temperatura del material a cortar de una forma muy localizada y por encima de los 1000 °C, por ejemplo el oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos.</p>	<p>Procesos de corte térmico</p>	<p>Tipo de proceso</p> <p>Espesor</p> <p>Tipo de junta a soldar</p>	<p>Plasma</p> <p>Arc air</p> <p>En Frio</p> <p>15mm</p> <p>20mm</p> <p>tope</p>	<p><b>T:</b></p> <p>Observación de laboratorio</p> <p><b>T:</b></p> <p>Observación de laboratorio</p> <p><b>I:</b> Instrumentos de laboratorio</p>

**Variable Dependiente:** Propiedades Mecánicas

Contextualización	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Transformaciones de componentes estructurales mediante esfuerzos aplicados en elementos de prueba para determinar resistencia del material.</p>	Análisis metalográfico	Componentes metalográficos (%)	0 – 100%	<b>T:</b> Observación de laboratorio
	Ensayo de tracción	<p>- Resistencia a la fluencia (KPSI).</p> <p>- Modulo elástico (KPSI)</p> <p>- Resistencia última a la tracción.</p>	<p>0 - 50 KPSI</p> <p>0 –29MPSI</p> <p>0 - 70 KPSI</p>	<b>I:</b> Prácticas Hojas de registros
	Ensayo de impacto	Resistencia al impacto(J)	300 (Joule)	
	Ensayo de doblado guiado	Resistencia a la flexión	180°	<b>T:</b> Observación de laboratorio

### **3.6.- RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

En la recolección de datos se aplicó la técnica de observación directa y la de laboratorio, ya que será necesario apreciar y ensayar directamente cada una de las probetas de acero ASTM A588.

#### **3.6.1 FICHAS BIBLIOGRÁFICAS**

Las fichas bibliográficas ayudarán a sustentar técnicamente la investigación mediante la recolección de información de libros, catálogos entre otros.

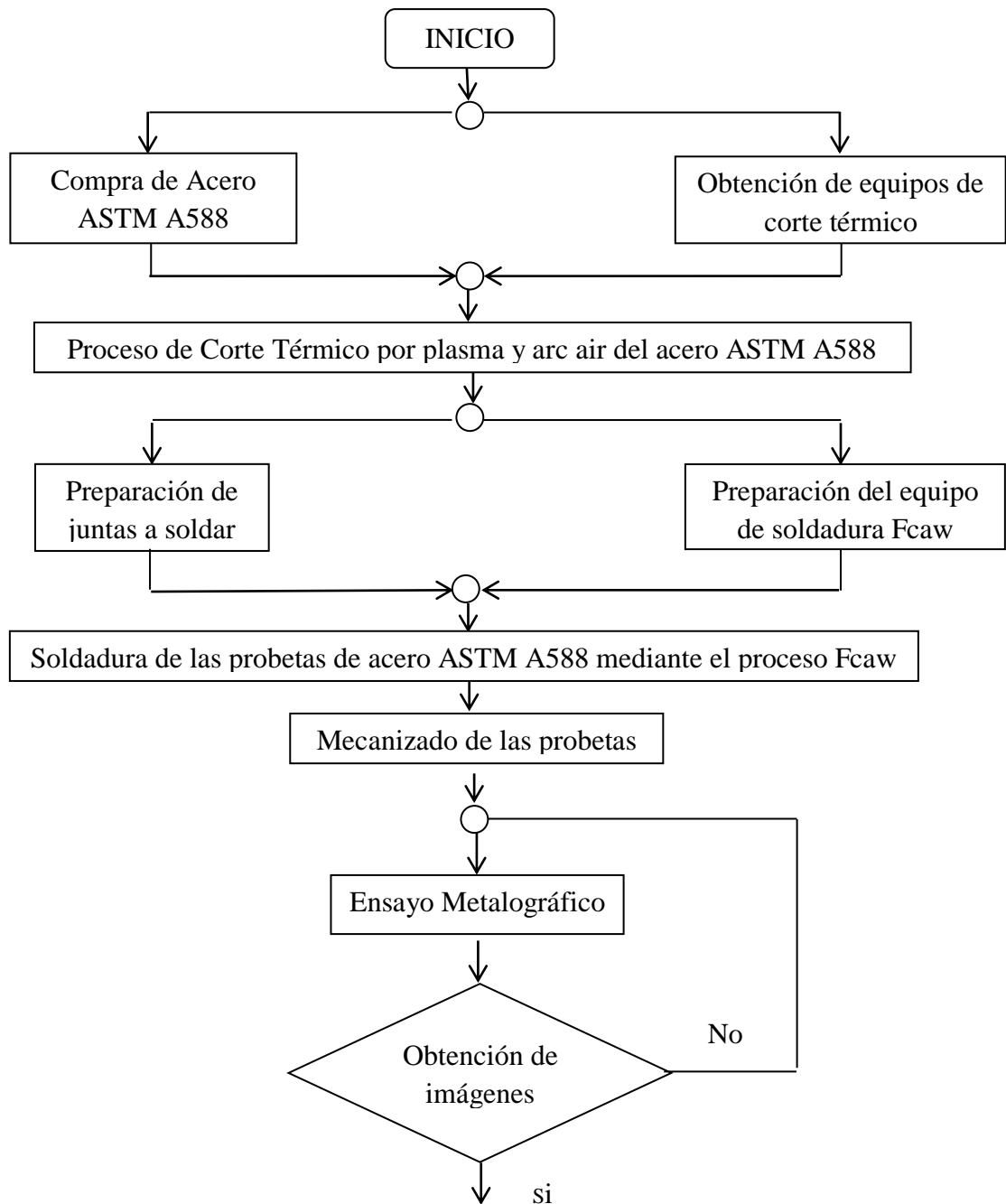
### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

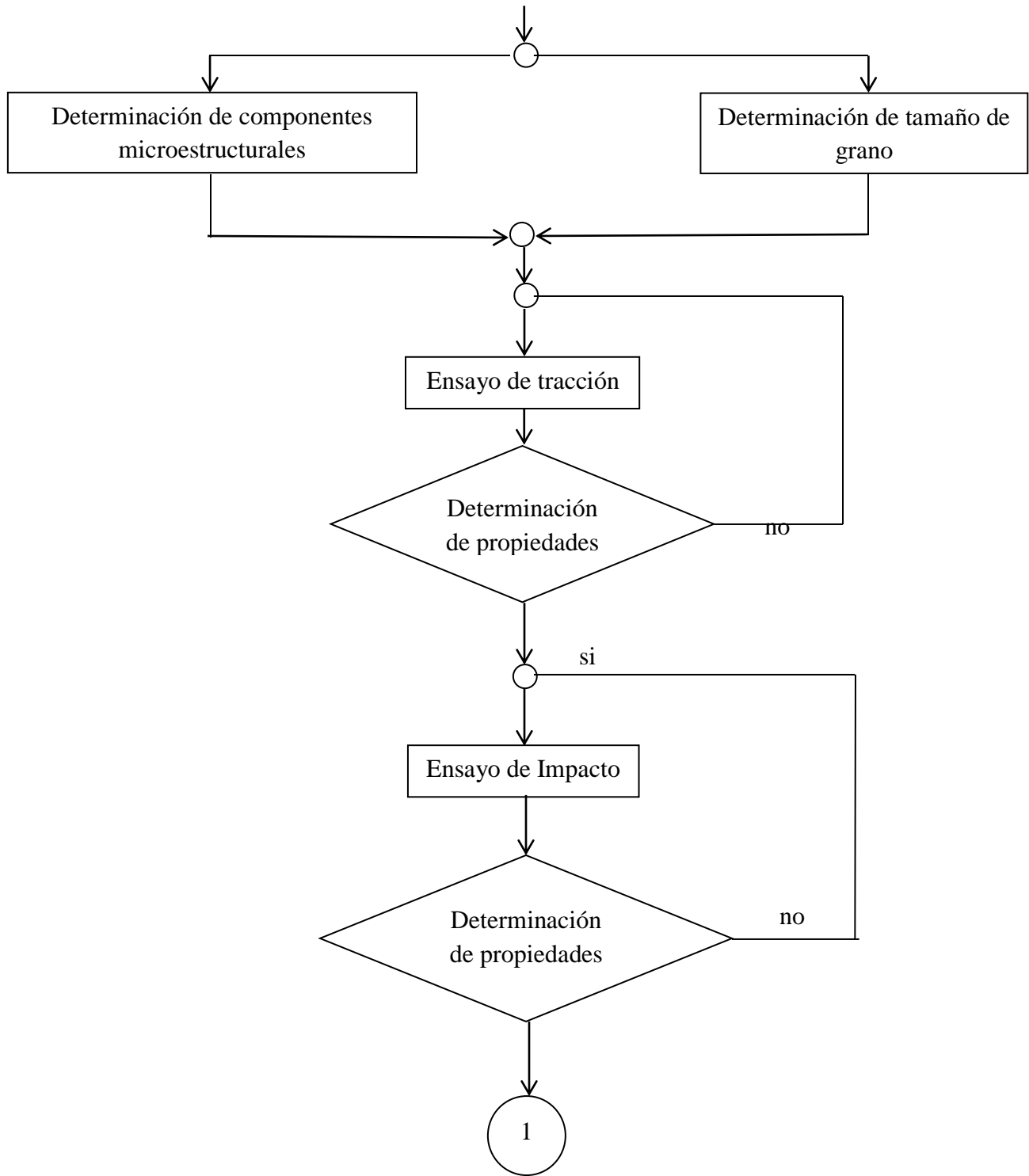
Para el procesamiento y análisis de la investigación se efectuará los siguientes pasos:

- Adquisición de las planchas de Acero ASTM A588 de 12mm y 20mm de espesor.
- Realización de los procesos de corte por plasma, arc air y en frio (sierra) del acero ASTM A588 en los espesores de 12 y 20mm.
- Preparación de las juntas a soldar para su posterior análisis.
- Preparación de las probetas para su análisis correspondiente.
- Análisis Metalográfico de las probetas soldadas.
- Realización del ensayo a tracción, impacto, dobles de las juntas soldadas.
- Análisis e interpretación de resultados obtenidos.
- Redactar conclusiones y recomendaciones.

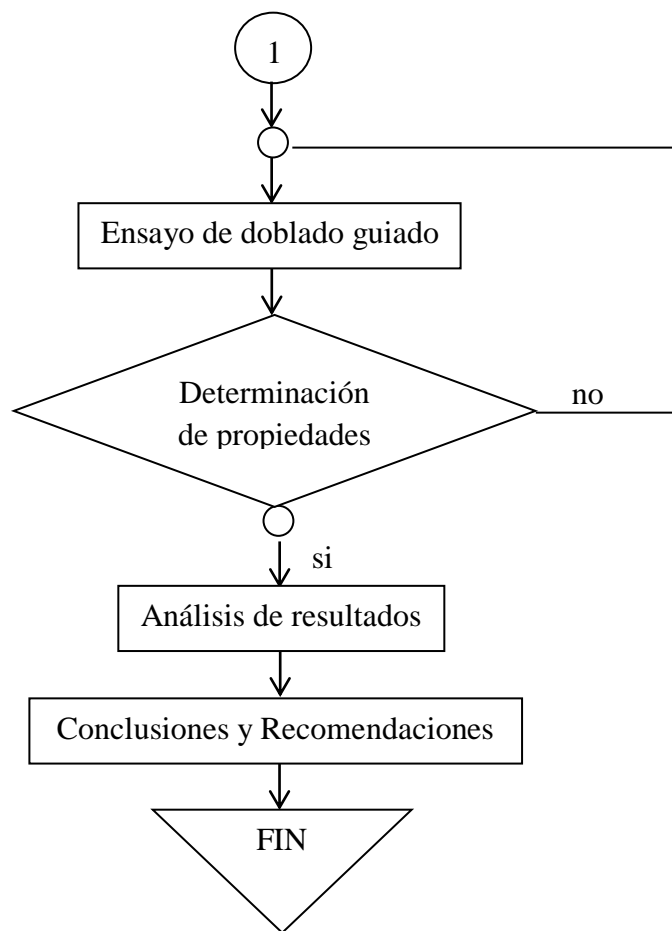
### 3.7.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

A continuación se muestra el proceso de obtención de resultados mediante un diagrama de flujo el mismo que ha sido adaptado al Estudio de las juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588 y su incidencia en las propiedades mecánicas.









## CAPÍTULO IV

### 4.- ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.1.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.2.- PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en las pruebas de los ensayos de tracción, impacto, metalográficos y doblado guiado en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico por plasma y arc air en el acero estructural ASTM A588.

Se realizó los siguientes ensayos en soldadura FCAW en acero estructural ASTM A588 con gas protector CO<sub>2</sub>.

**Tabla 4.1.-** Ensayos de tracción norma ASTM E8 y ASTM E111-04.

Probeta soldada posterior al corte en frio de 12 y 20mm	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por plasma de 12mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por plasma de 20mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por arc air de 12mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por arc air de 20mm de espesor	N.- de probetas 5

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.2.-** Ensayos de impacto norma ASTM E23.

Probeta soldada posterior al corte en frio de 10 mm	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por plasma de 10 mm	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por arc air de 10 mm	N.- de probetas 5

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.3.-** Ensayos metalográficos norma ASTM E3 y ASTM E112-96.

Cordón posterior al corte en frio de 12 y 20mm	SOLDADURA, ZAT
Cordón posterior al corte por plasma de 12mm de espesor	SOLDADURA, ZAT
Cordón posterior al corte por plasma de 20mm de espesor	SOLDADURA, ZAT
Cordón posterior al corte por arc air de 12mm de espesor	SOLDADURA, ZAT
Cordón posterior al corte por arc air de 20mm de espesor	SOLDADURA, ZAT

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.4.-** Ensayos de doblado guiado norma ASTM E290.

Probeta soldada posterior al corte en frio de 12 y 20mm	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por plasma de 12mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por plasma de 20mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por arc air de 12mm de espesor	N.- de probetas 5
Probeta soldada posterior al corte por arc air de 20mm de espesor	N.- de probetas 5


**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.5.-** Parámetros del proceso de corte en frío (sierra).

1. IDENTIFICACIÓN	
2. MATERIAL	3. EQUIPO
Material: Acero ASTM A588 Espesor (mm): 12 y 20 Dimensiones (mm): 250 x 210	Sierra Manual
4. PROCESO DE CORTE	5. PERFIL DE CORTE
Tiempo de corte (h): 1 Velocidad de corte manual (mm/s): 0.5 Longitud de corte (mm): 250	
6. EVALUACION DE CORTE	
6.1 APARIENCIA SUPERFICIAL	6.2 BORDES
<input checked="" type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> Irregular	Cuadrado <input checked="" type="checkbox"/> Socavamiento borde inferior <input type="checkbox"/> Socavamiento borde superior <input type="checkbox"/>


**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.6.-** Parámetros del proceso de corte térmico por plasma.

1. IDENTIFICACIÓN		
2. MATERIAL	3. EQUIPO	
Material: Acero ASTM A588 Espesor (mm): 12 y 20 Dimensiones (mm): 250 x 250	Plasma CNC marca Pearce Amperaje: 80 A Diámetro del orificio (mm): 3 Velocidad de corte para 12mm: 8mm/sg Velocidad de corte para 20mm: 5mm/sg	Presión (PSI): 110 Gas Utilizado: Aire Corriente (A): CCEN
4. PROCESO DE CORTE	5. PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte (s): 83 Velocidad de corte manual (cm/s): 3 Longitud de corte (mm): 250		
6. EVALUACION DE CORTE		
6.1 APARIENCIA SUPERFICIAL	6.2 BORDES	
<input checked="" type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> Irregular	Cuadrado <input checked="" type="checkbox"/> Socavamiento borde inferior <input type="checkbox"/> Socavamiento borde superior <input type="checkbox"/>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.7.-** Parámetros del proceso de corte térmico por arc air.



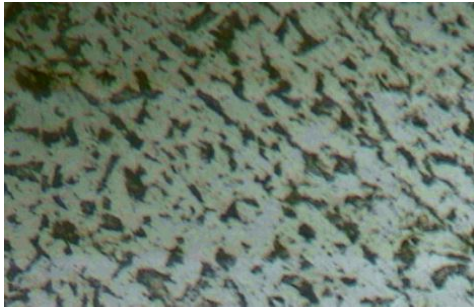
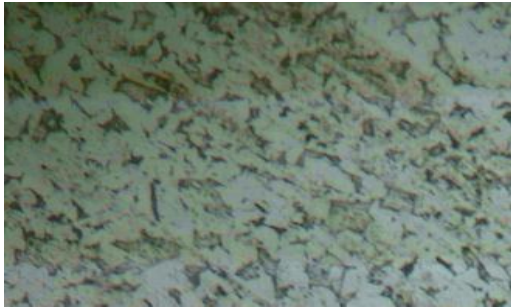
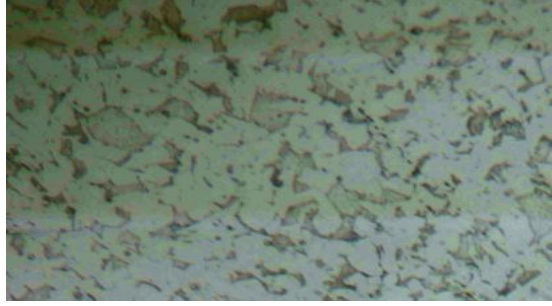
1. IDENTIFICACIÓN	
2. MATERIAL	3. EQUIPO
Material: Acero ASTM A588 Espesor (mm): 12 y 20 Dimensiones (mm): 250 x 250	Soldadura Lincoln Electric EP1-EP119 Voltaje de operación (V): 220 Amperaje (A): 150-200 Velocidad de corte(mm/sg): 3 Tipo de corriente: DC+
	Gas Utilizado: Aire Presión (PSI): 80 Diámetro del electrodo (in): 5/32 Tipo de electrodo: CC
4. PROCESO DE CORTE	5. PERFIL DE CORTE
Tiempo de corte(s): 83 Velocidad de corte (cm/s): 0.3 Longitud de corte (mm): 250 Ancho de corte (mm): 5	
6. EVALUACION DE CORTE	
6.1 APARIENCIA SUPERFICIAL	6.2 BORDES
<input type="checkbox"/> Plano <input checked="" type="checkbox"/> Irregular	Cuadrado <input type="checkbox"/> Socavamiento borde inferior <input checked="" type="checkbox"/> Socavamiento borde superior <input checked="" type="checkbox"/>

**FUENTE:** Alex Izurieta

#### 4.2.1.- ANÁLISIS DEL ACERO ASTM A588 DE FÁBRICA.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>LABORATORIO DE MATERIALES</p> </div>  </div>					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>PROBETA</b>	N.- 1	Autorizado por:	Ing. Mg. C. Pérez	<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta
Lugar de realización	Laboratorio de materiales FICM		<b>Fecha de ejecución</b>	01/09/2014	
<b>Temperatura ambiente del lugar</b>			22 °C	<b>Flujo de aire del medio</b>	Estático
DENOMINACIONES DEL ACERO UTILIZADO					
<b>Material</b>	Acero ASTM A588	Tipo	Bajo Carbono		
<b>Espesor</b>	12 mm 20 mm	Resistencia a la tracción	70 KPSI		
<b>Longitud</b>	21 cm	Dureza	400 HV		
<b>Característica</b>	Plancha	Módulo de elasticidad	29 MPSI		
<b>Elongación</b>	18%	Resistencia a la fluencia	50 KPSI		
<b>2 in</b>					
OBSERVACIÓN:					
Las propiedades registradas fueron obtenidas de las especificaciones del catalogo IPAC					
<b>Autor:</b> Alex Izurieta G.					

**4.2.1.1.- ANÁLISIS METALOGRÁFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>LABORATORIO DE MATERIALES</b>					
		<b>ENSAYO METALOGRÁFICO</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>							
Proceso.	FCAW	Amperaje:	123[A]	Voltaje:	27 V	Velocidad de alambre (in/min)	160
Realizado por:		Alex Izurieta		Tipo de estudio.		De laboratorio.	
Ensayo N.-	1		Fecha de ejecución.			05/09/2014	
Solicitado por:		Alex Izurieta		Norma aplicable		ASTM E 3-014, ASTM E112-96	
Revisado por:		Ing. Mg. Cristian Pérez		Espesor de la placa:		12 mm	
Centro de Estudios y Análisis				Laboratorio de materiales de la FICM			
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE MATALOGRÁFICO</b>							
Acondicionamiento de superficie				Pulido mecánico			
Temperatura durante el pulido			21 °C	Superficie reparada en:		40 min	
Ataque químico de la superficie con:			Nital 4		Durante		3 Seg
<b>RESULTADO.</b>							
<b>FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE UNA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE EN FRIO (SIERRA) EN EL ACERO ASTM A588</b>							
<b>METAL BASE</b>				<b>ZAT</b>			
							
<b>SOLDADURA</b>							
							





**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA SOLDADURA**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura: METAL BASE**

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación: 200X**

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 2 \left( 26 + \frac{12}{2} \right)$$

$$f = 2 \text{ por } 100X$$

$$NA = 2 * 32 = 64$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(64) - 2,954$$

$$G = 3,046 = 3$$



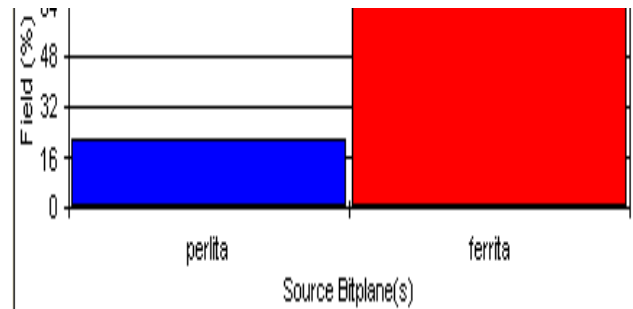
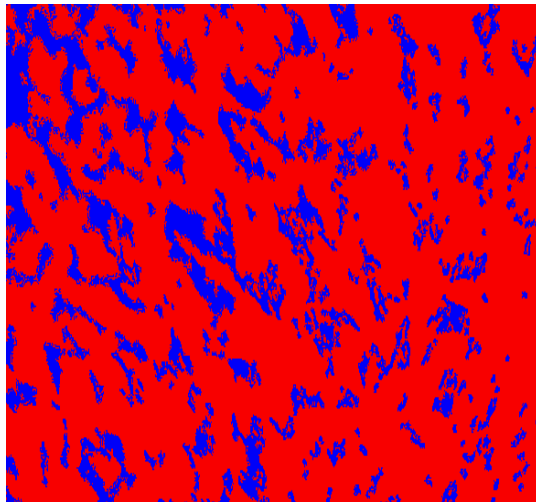
**Tamaño de grano ASTM:**

**3**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales: 200X**

**Porcentajes:**



S. Bitplane(s)	Field (%)
perlita	21,8
ferrita	78,2

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona de metal base de una junta soldada posterior al corte en frío (sierra) se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 21,8% de perlita y 78,2% de ferrita.

El tamaño de grano es 3



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA ZAT**

<b>Determinación del tamaño de grano:</b>		<b>Microestructura:</b> ZAT
<b>Método:</b>	ASTM E 112:96, ASTM E3:01	<b>Magnificación:</b> 200X
<b>Calculo:</b> Procedimiento Planimétrico		
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 2 \left( 28 + \frac{12}{2} \right)$ $f = 2 \text{ por } 100X$ $NA = 2 * 34 = 68$ $G = 3,321918 * \log NA - 2,954$ $G = 3,321918 * \log(68) - 2,954$ $G = 3,133 = 3$		
<b>Tamaño de grano ASTM:</b>	<b>3</b>	

<b>Componentes:</b>							
<b>Componentes Microestructurales:</b> 200X	<b>Porcentajes:</b>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>perlita</td> <td>30,5</td> </tr> <tr> <td>ferita</td> <td>69,5</td> </tr> </tbody> </table>	S. Bitplane(s)	Field (%)	perlita	30,5	ferita	69,5
S. Bitplane(s)	Field (%)						
perlita	30,5						
ferita	69,5						

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona ZAT de una junta soldada posterior al corte en frío (sierra) se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 30,5% de perlita y 69,5% de ferrita.

El tamaño de grano es 3



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA MATERIAL BASE**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura: SOLDADURA**

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación: 200X**

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 16 + \frac{6}{2} \right)$$

$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * = 152$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(152) - 2,954$$

$$G = 4,293 = 4$$



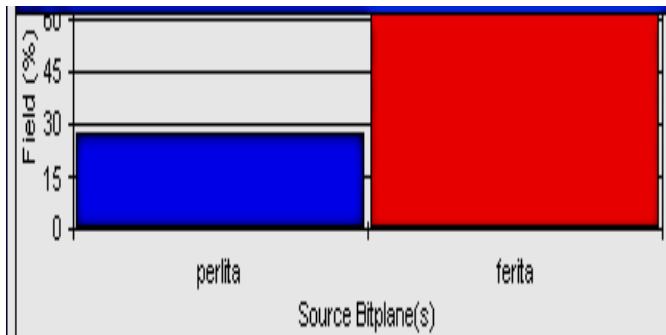
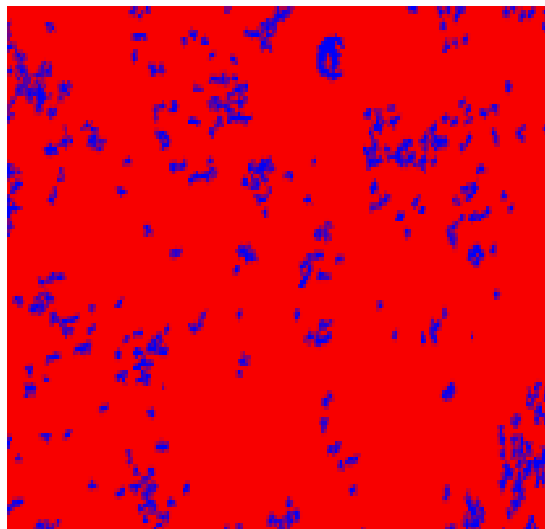
**Tamaño de grano ASTM:**

**4**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales: 200X**

**Porcentajes:**



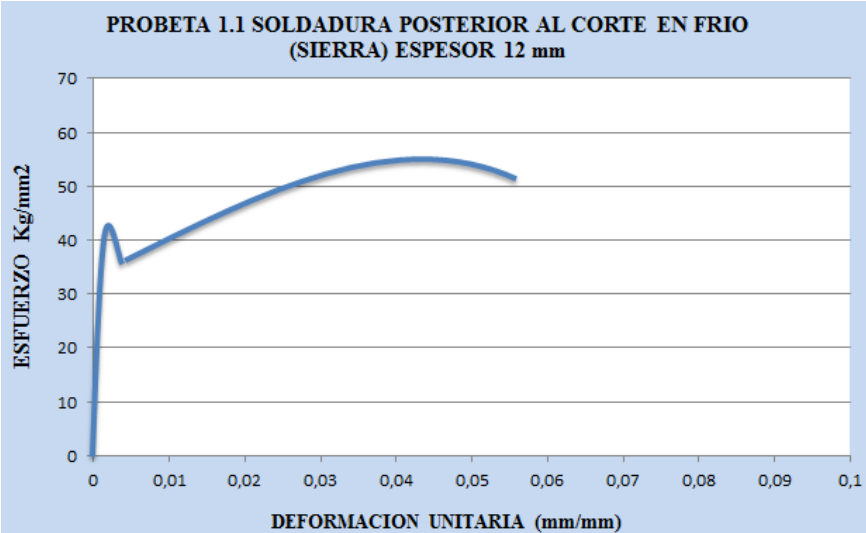


**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura del depósito de soldadura de una junta soldada posterior al corte en frío (sierra) se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 27,3% de perlita y 72,7% de ferrita.

El tamaño de grano es 4

**4.2.1.2.- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>							
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		1	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>		08/09/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			
							
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Carga máxima:</b>	17271,9 Kg	<b>Deformación máxima:</b>		12.85 mm			
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>		70 mm			
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>		8,1 mm			
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>							
<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	56.66 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>		43,25 Kg/mm <sup>2</sup>			
<b>% de Elongación.</b>	22,48 %	<b>% de Reducción de Área:</b>		55,38 %			
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31477,78 Kg/mm <sup>2</sup>						



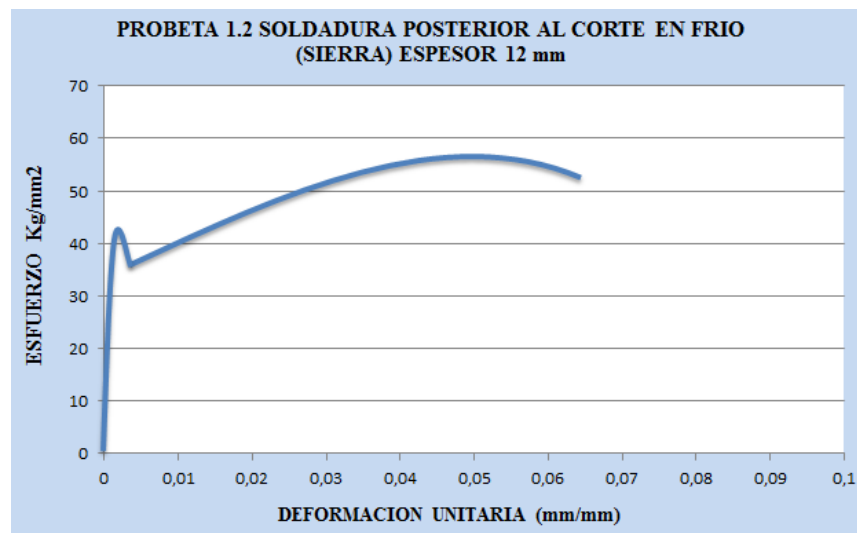
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			2
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			08/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	17453,2 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	13,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	71 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,4 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	57,26 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	43,61 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	24,23 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	52,59 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31635,36 Kg /mm <sup>2</sup>		



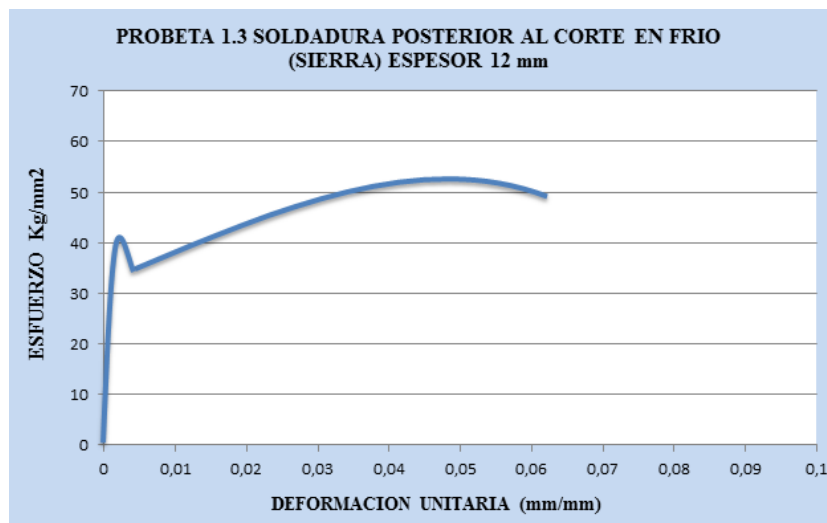
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			3
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			08/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16515,5 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	13,35 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	70,5 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,2 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	54,18 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	42,12 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	23,36 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	53,46 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31317,92 Kg/mm <sup>2</sup>		



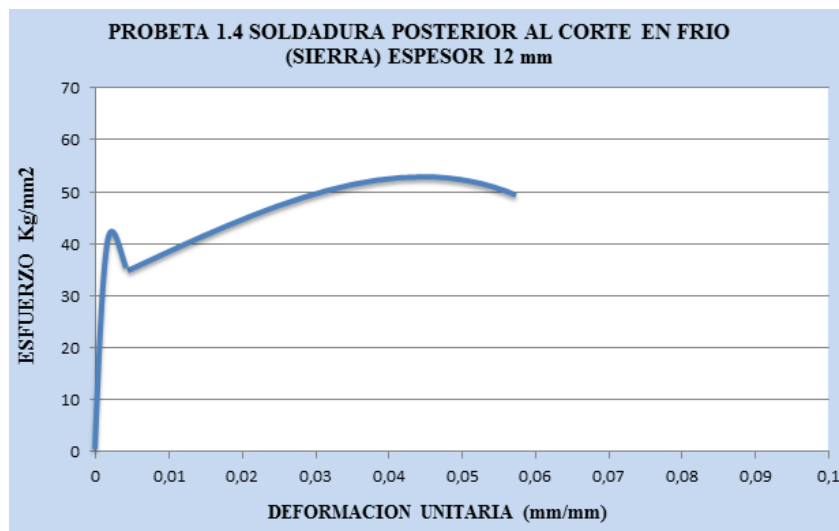
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			4
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			08/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16722,9 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	14,35 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	71,5 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,5 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	54,87 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	43,11 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	25,11 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	52,03 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31087,82 Kg/mm <sup>2</sup>		



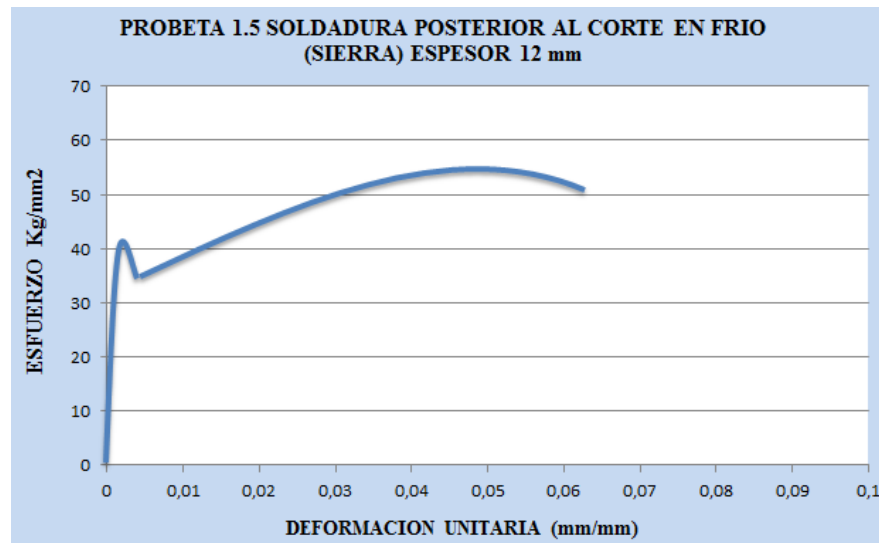
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			5
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			09/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	17169,2 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	14,65 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	71,8 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,4 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	56,32 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	42,88 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	25,63 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	51,49 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31463,69 Kg/mm <sup>2</sup>		





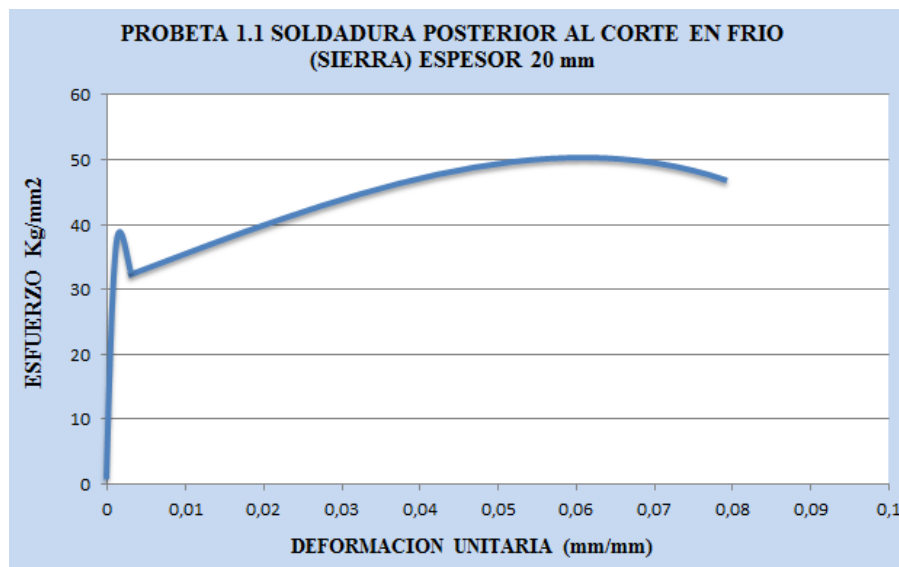
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			1
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			09/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	26228,04 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	17,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	75 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	16 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	51,63Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	39,64Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	31,23 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	49,61 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	28582,35 kg/mm <sup>2</sup>		



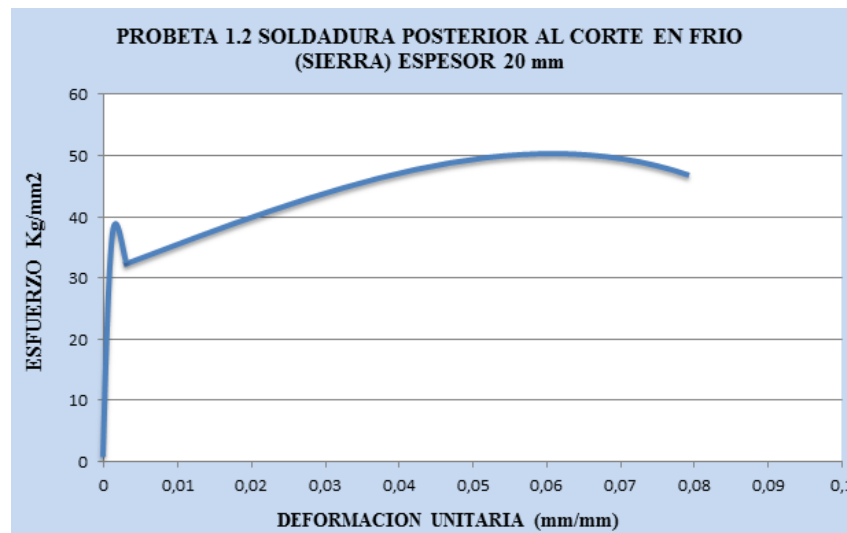
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			2
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			09/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	26128,7 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	16,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	74 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	16,5 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	51,43 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	39,49Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	29,48 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	46,41 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	28273,81 Kg/mm <sup>2</sup>		



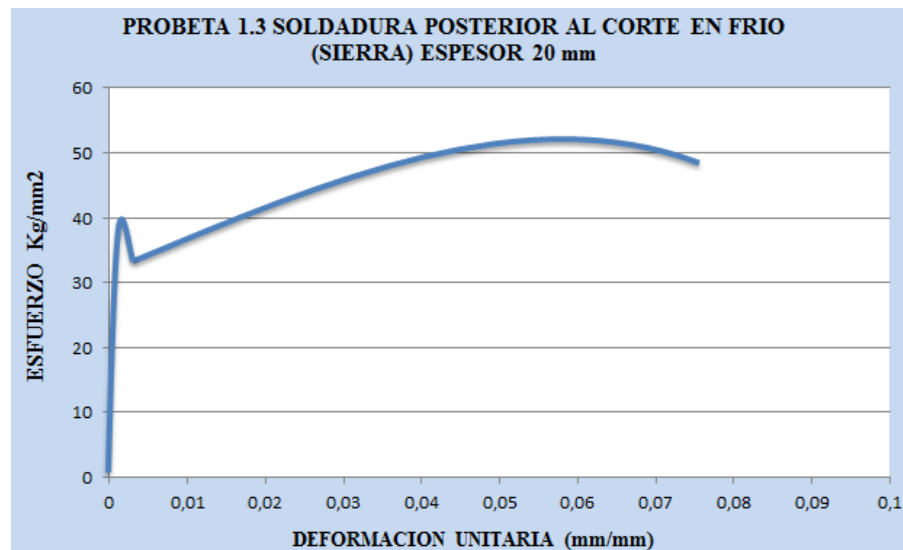
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			3
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			10/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	26739,3 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	14,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	72 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	16,3 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	52,64Kg/mm2	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	40,17Kg/mm2
<b>% de Elongación.</b>	25,98 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	45,45 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	28647,06 Kg/mm2		



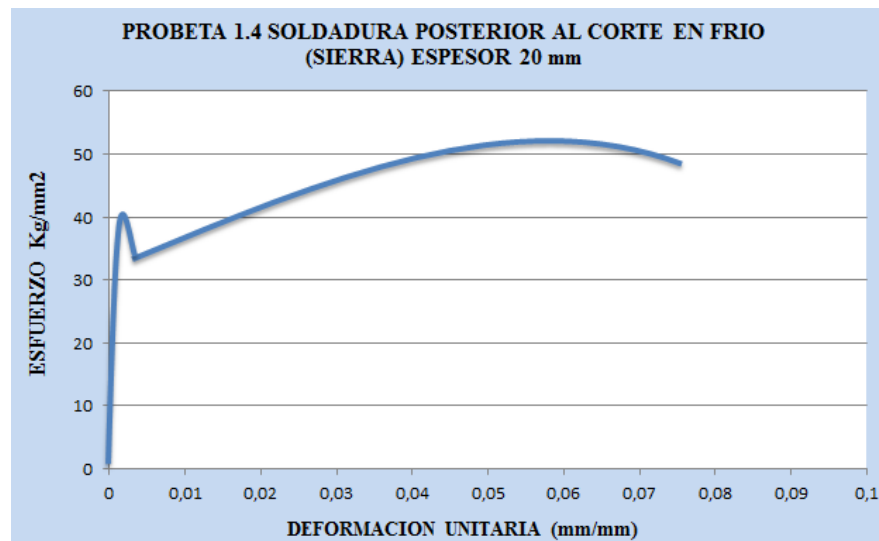
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			4
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			10/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	27165,8 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	13,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	71 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	53,48 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	41,48 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	24,23 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	43,11 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29141,18 Kg/mm <sup>2</sup>		



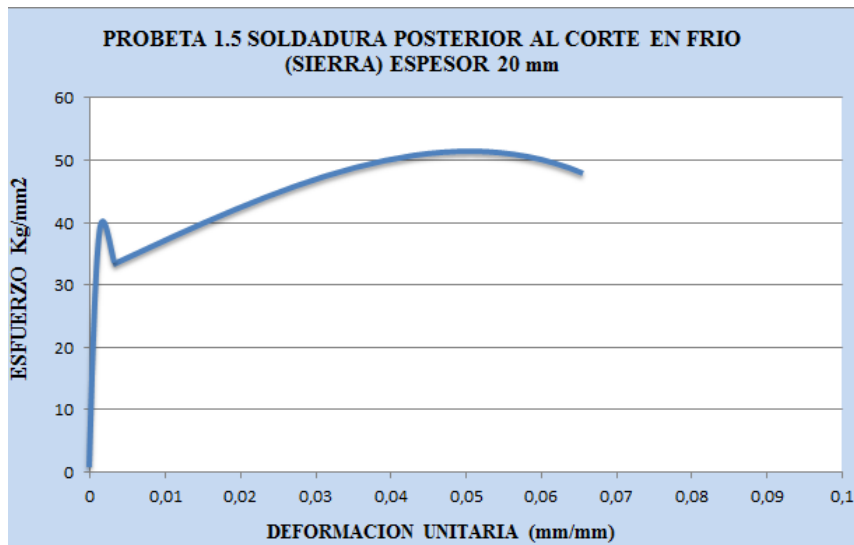
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			5
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			10/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			






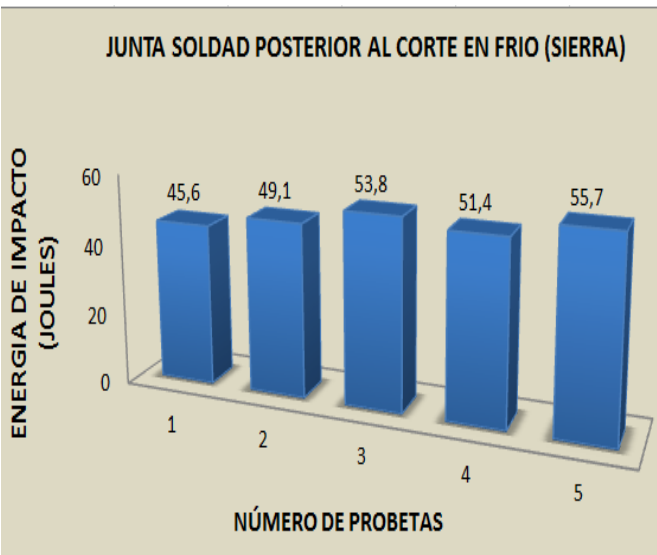
**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	26879,2 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	14,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	72 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,2 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	52,91 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	40,81Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	25,98 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	42,1 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	28808,71 Kg/mm <sup>2</sup>		

#### 4.2.1.3.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
<b>ENSAYO DE IMPACTO.</b>									
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>									
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Ensayos:</b>			5		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E23			<b>Fecha de elaboración:</b>			11/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.								
<b>Espesor de la probeta:</b>	10 mm		<b>Longitud de la probeta:</b>	55 mm					
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE IMPACTO.</b>									
<b>DESCRIPCIÓN.</b>									
<b>Método:</b>	Charpy		<b>Tiempo de ensayo:</b>	1 minuto					
<b>RESULTADO</b>									
									
<b>N.- de probetas</b>	<b>Energía Impacto (J)</b>								
<b>1</b>	45,6								
<b>2</b>	49,1								
<b>3</b>	53,8								
<b>4</b>	51,4								
<b>5</b>	55,7								
<b>Promedio</b>	<b>51,12</b>								
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS.</b>									
<p>Las probetas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan un valor promedio de energía de <b>51,12 J</b>, la energía mínima es de 45,6 J y la máxima es de 55,7 J</p>									

**4.2.1.4.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
<b>ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.</b>									
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>									
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			1		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			11/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.								
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm					
<b>RESULTADOS.</b>									
<b>PROBETAS</b>					<b>OBSERVACIONES</b>				
<b>ANTES</b>					<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>				
									
<b>DESPUÉS</b>					<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>				
									
<b>APROBACIÓN:</b>					<b>No Aprueba</b>				



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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>		2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		11/09/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>	
	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<b>DESPUÉS</b>	
	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 1mm lo cual es un parámetro que está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>





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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			3
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			12/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>  	<p>Cordón de soldadura uniforme.</p> <p>Buena penetración, no presenta picaduras.</p> <p>No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<b>DESPUÉS</b>  	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna abertura, ni grietas.</p> <p>No presenta fallas que se puedan observar visualmente</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			4
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			12/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. Buena penetración No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>Soldadura sigue uniforme sin ninguna falla La cara de la soldadura no presenta grietas, ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna falla visible. Soldadura uniforme en la parte de la raíz.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



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





**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>			5
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			12/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>	
	<p>Cordón de soldadura uniforme. Buena penetración en la raíz del cordón No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<b>DESPUÉS</b>	
	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			1
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			12/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme.</p> <p>La raíz del cordón presenta buena penetración</p> <p>No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p style="text-align: center;">Cordón de soldadura sigue uniforme</p> <p>La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna falla.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



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




**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>		2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		15/09/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>	
	<p>Cordón de soldadura uniforme tanto en la cara como en la raíz. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<b>DESPUÉS</b>	
	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 5 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>			3
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			15/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>	
	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente. Buena penetración en la raíz de la soldadura</p>
<b>DESPUÉS</b>	
	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>Cordón de soldadura sigue uniforme sin aberturas apreciables</p> <p>La raíz del cordón de soldadura no presenta una fallas, cordón sin aberturas</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



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





**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			4
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			15/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presentan mordeduras No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.  No presentan discontinuidades.  La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna falla visible.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



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



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**



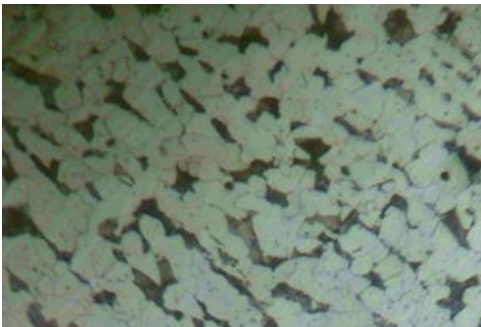
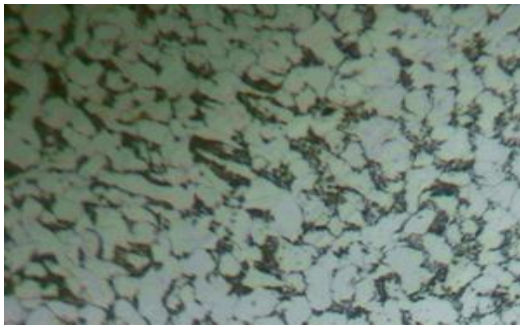
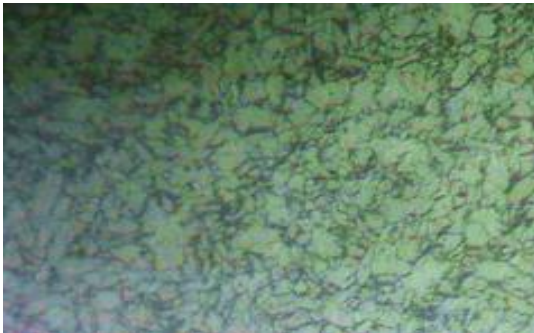
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>			5
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			16/09/2014
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme.</p> <p>Como se puede observar existe una buena penetración en la raíz del cordón</p> <p>No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas, ni porosidades, y tampoco ninguna discontinuidad.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**4.2.2.- ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ASTM A588**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>LABORATORIO DE MATERIALES</b>						
		<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>						
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>								
<b>Tipo de corte:</b>		Plasma CNC Marca Pierce		<b>Velocidad de corte:</b>		1 cm / sg.	<b>Presión:</b>	110 PSI
<b>Proceso.</b>	FCAW	<b>Amperaje:</b>	123[A]	<b>Voltaje:</b>	27 V	<b>Velocidad de alambre (in/min)</b>		160
<b>Ensayo N.-</b>		1			<b>Fecha de ejecución.</b>		17/09/2014	
<b>Solicitado por:</b>		Alex Izurieta		<b>Norma aplicable</b>		ASTM E 3-014, ASTM E112-96		
<b>Revisado por:</b>				Ing. Mg. Cristian Pérez				
<b>Centro de Estudios y Análisis</b>				Laboratorio de materiales de la FICM				
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE MATALOGRAFICO</b>								
<b>Acondicionamiento de superficie</b>				Pulido mecánico				
<b>Temperatura durante el pulido</b>		24 °C		<b>Superficie reparada en:</b>		60 min		
<b>Ataque químico de la superficie con:</b>			Nital 4			<b>Durante</b>	4 Seg	
<b>RESULTADO.</b>								
<b>FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE UNA JUNTA SOLDAD POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588</b>								
<b>MATERIAL BASE</b>				<b>ZAT</b>				
								
<b>SOLDADURA</b>								
								



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA SOLDADURA**

**Determinación del tamaño de grano:** Microestructura: METAL BASE

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01 **Magnificación:** 200X

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 7 + \frac{4}{2} \right)$$

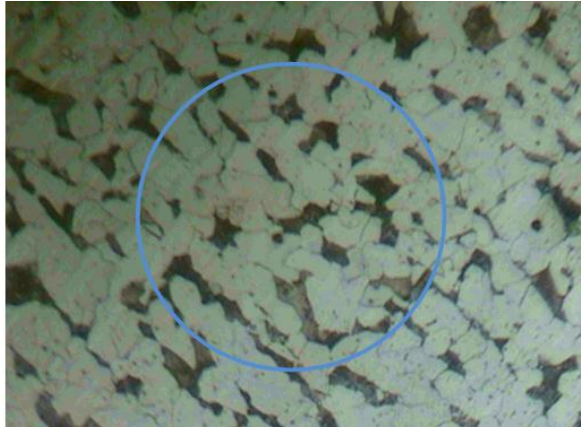
$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * 9 = 72$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(72) - 2,954$$

$$G = 3,215 = 3$$

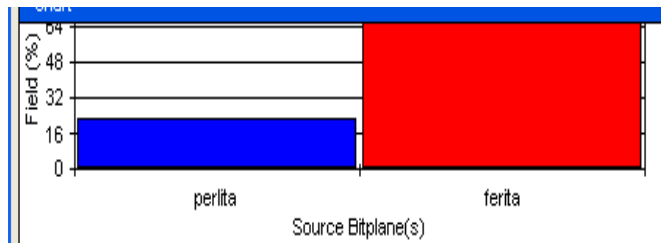
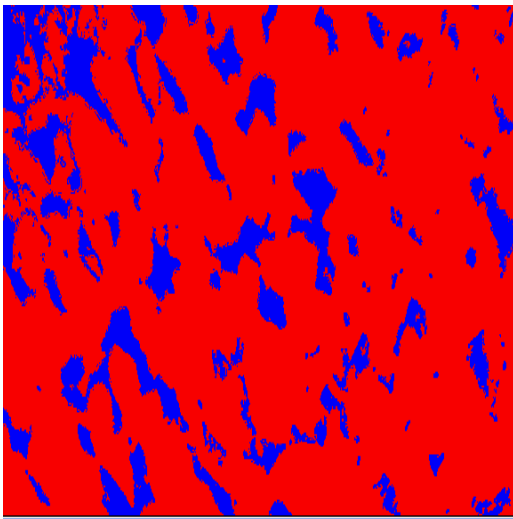


**Tamaño de grano ASTM:** **3**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales:** 200X

**Porcentajes:**



S. Bitplane(s)	Field (%)
perlita	22,9 (22,7)
ferita	77,3 (77,1)

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona del metal base de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 22,9% de perlita y 77,3% de ferrita.

El tamaño de grano es 3



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA ZAT**

**Determinación del tamaño de grano:** Microestructura: ZAT

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01 **Magnificación:** 200X

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 16 + \frac{8}{2} \right)$$

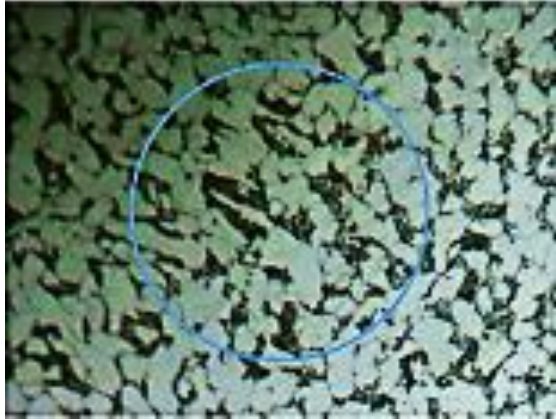
$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * 20 = 160$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(160) - 2,954$$

$$G = 4,368 = 4$$

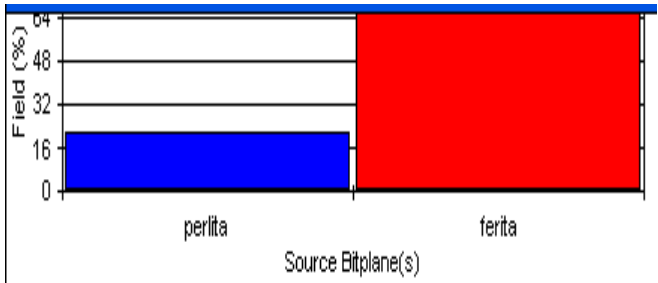
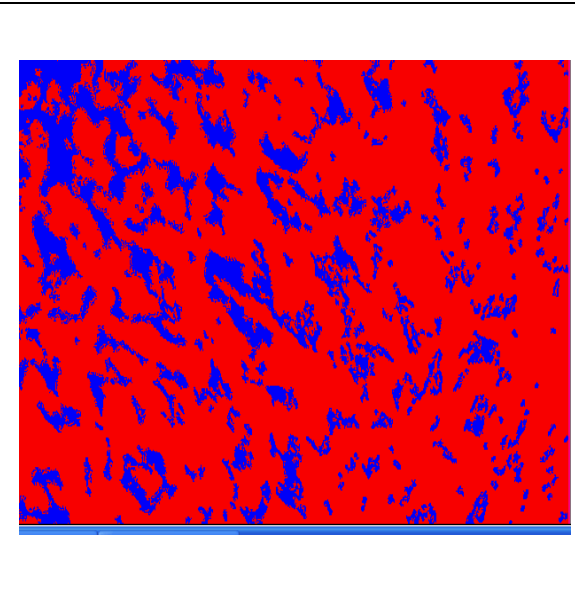


**Tamaño de grano ASTM:** **4**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales:** 100X

**Porcentajes:**



S. Bitplane(s)	Field (%)
perlita	21,4
ferita	78,6

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona ZAT de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 21,4% de perlita y 78,6% de ferrita.

El tamaño de grano es 4



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA METAL BASE**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura: SOLDADURA**

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación: 400X**

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 20 + \frac{8}{2} \right)$$

$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * 24 = 192$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(192) - 2,954$$

$$G = 4,63 = 5$$



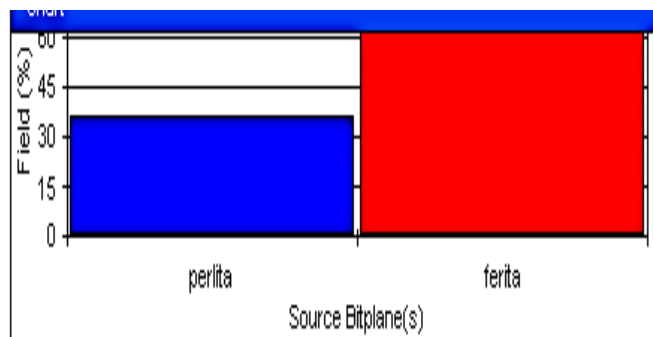
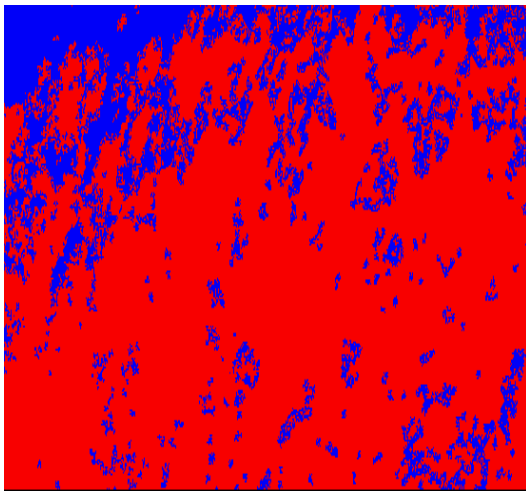
**Tamaño de grano ASTM:**

**5**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales: 400X**

**Porcentajes:**





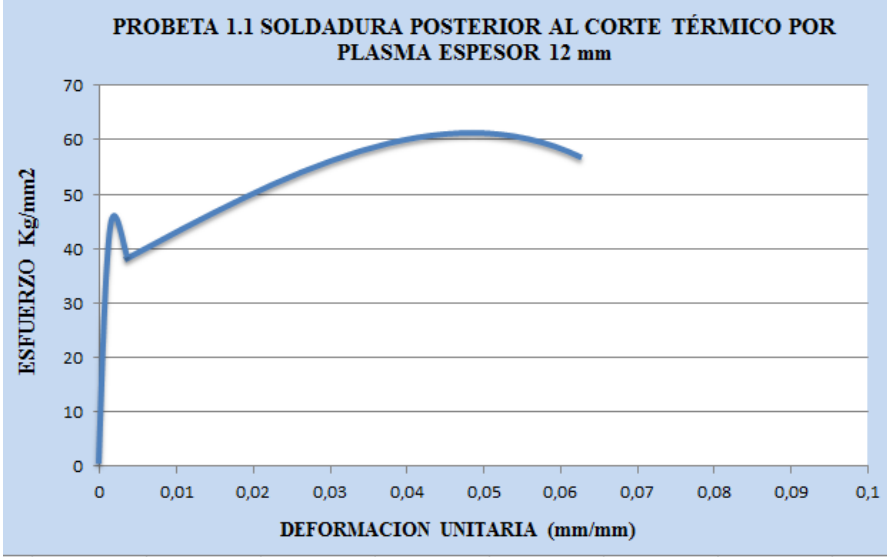
S. Bitplane(s)	Field (%)
perlita	36,0
ferita	64,0

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona del cordón de soldadura de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 36,0% de perlita y 64,0% de ferrita.

El tamaño de grano es 5

**4.2.2.1- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>							
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce		<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	110 PSI	
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>	1			
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>	18/09/2014			
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				
							
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Carga máxima:</b>	18766,2 Kg		<b>Deformación máxima:</b>	6,85 mm			
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm		<b>Longitud final:</b>	64 mm			
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm		<b>Espesor final:</b>	8,5 mm			
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>							
<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	61,57Kg/mm2		<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	48,81Kg/mm2			
<b>% de Elongación.</b>	11,99 %		<b>% de Reducción de Área:</b>	36,64 %			
<b>Módulo de Elasticidad</b>	34205,56 Kg/nm2						



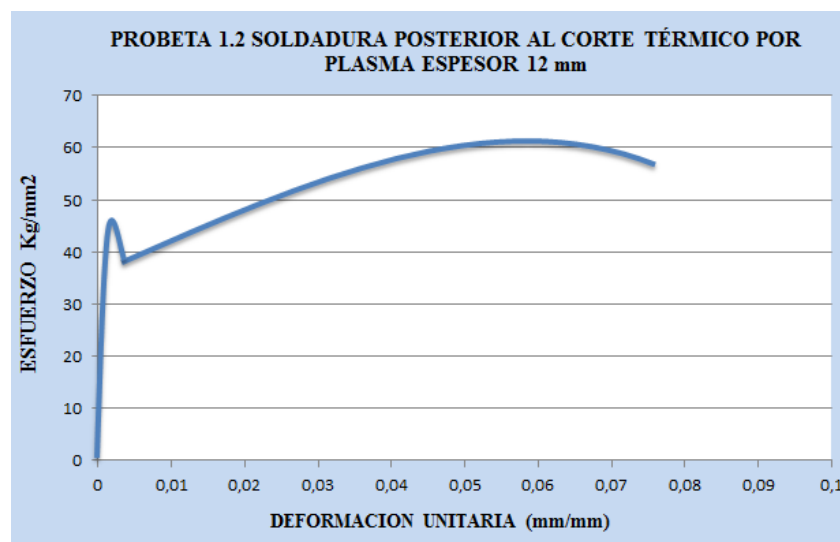
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>		2		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		18/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	18634,9 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	8,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	66 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,7 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	61,14Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	48,21Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	15,49 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	38,63 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	35963,53 Kg/mm <sup>2</sup>		



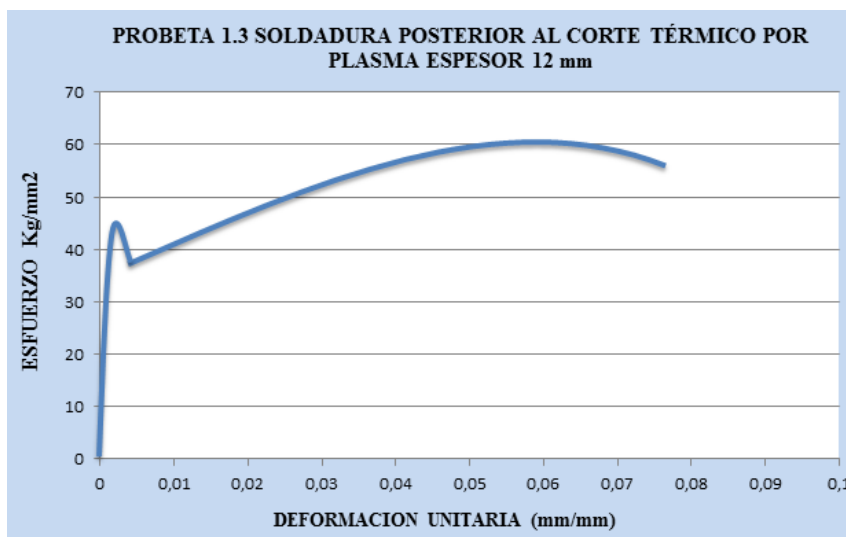
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>		3		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		18/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	18567,2 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	7,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	65 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,9 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	60,92Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	47,13Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	13,74 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	35,76 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	34224,72 Kg/mm <sup>2</sup>		



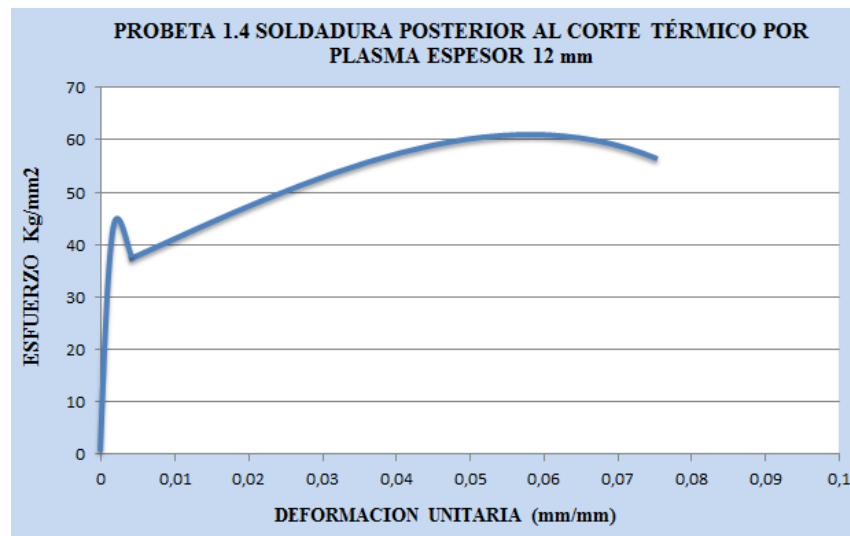
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		4		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		19/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	18896,1 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	5,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	63 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	9 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	61,99Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	47,66Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	10,24 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	37,99 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	34631,28 Kg/mm <sup>2</sup>		





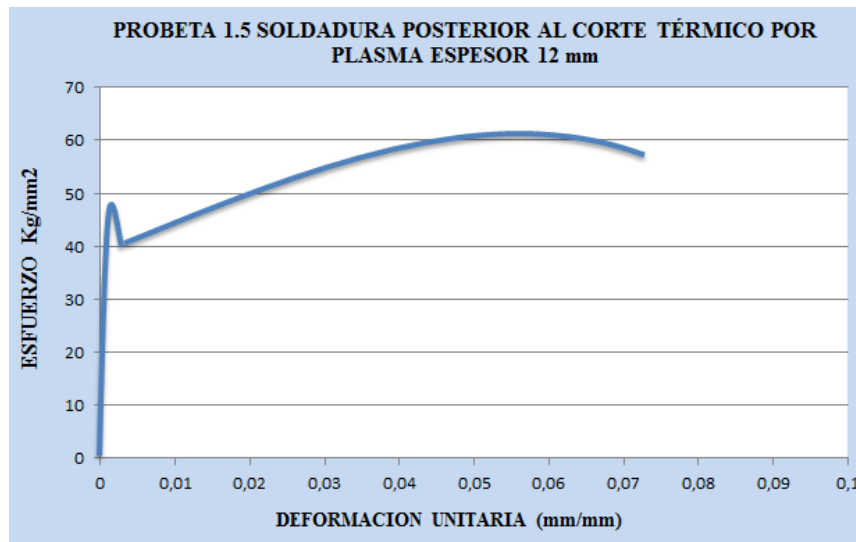
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>		5		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		19/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	18798,5 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	8,35 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	65,5 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	8,8 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	61,67Kg/mm2	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	48,27Kg/mm2
<b>% de Elongación.</b>	14,61 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	39,37 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	34841,81 Kg/mm2		



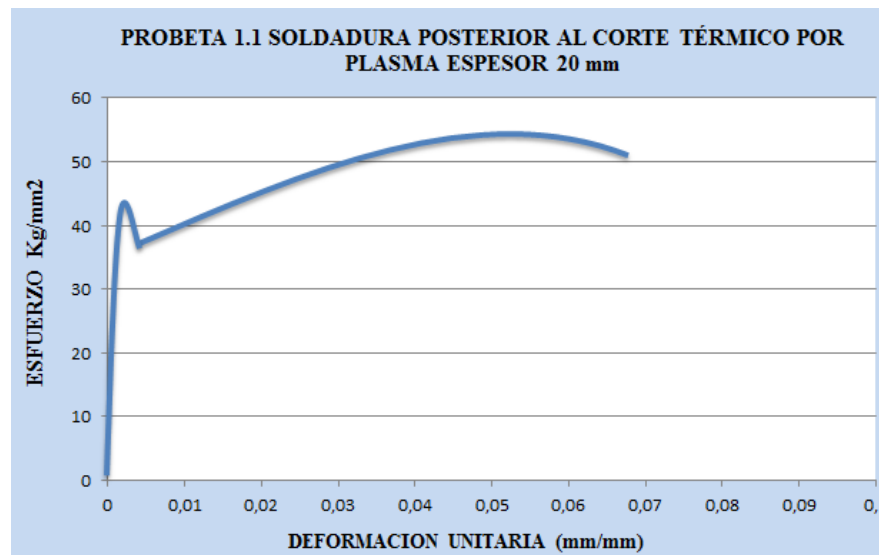
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		1		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		22/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	28594,6 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	4,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	62 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,5 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	56,29 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	44,35Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	8,49 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	24,21 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31271,43 Kg/mm <sup>2</sup>		



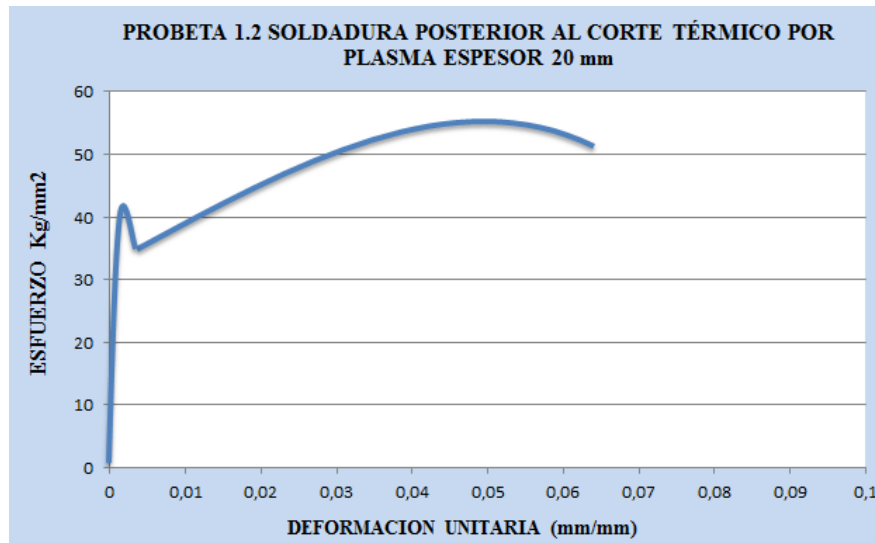
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		2		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		22/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	28841,5 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	5,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	63 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,8 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	56,77 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	43,97Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	10,23 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	26,42 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31541,45 Kg/mm <sup>2</sup>		



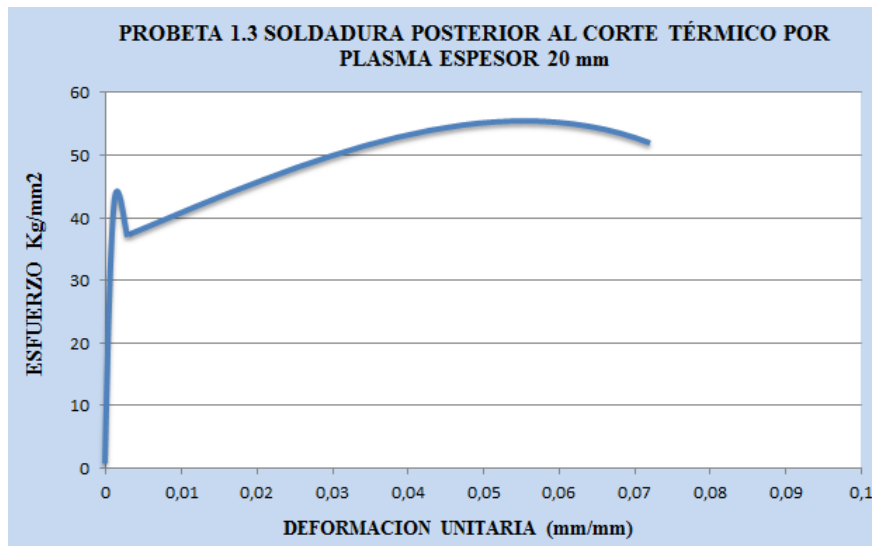
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		3		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		22/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	28751,9 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	6,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	64 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,6 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	56,59 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	44,13 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	11,99 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	25,51 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31443,46 Kg/mm <sup>2</sup>		



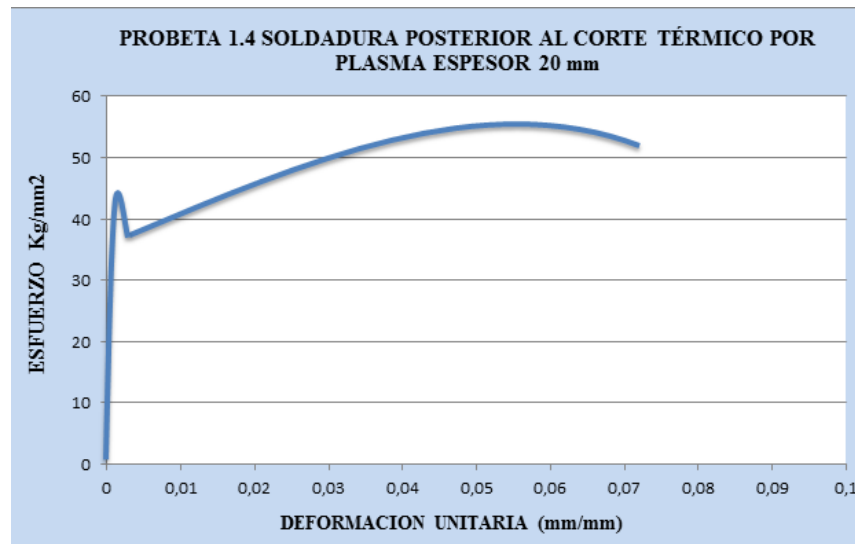
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>		4			
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111	<b>Fecha de elaboración:</b>		23/09/2014			
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta	<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	29183,7 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	5,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	63 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,7 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	57,45 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	45,18 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	10,24 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	26,83 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	31915,68 Kg/mm <sup>2</sup>		



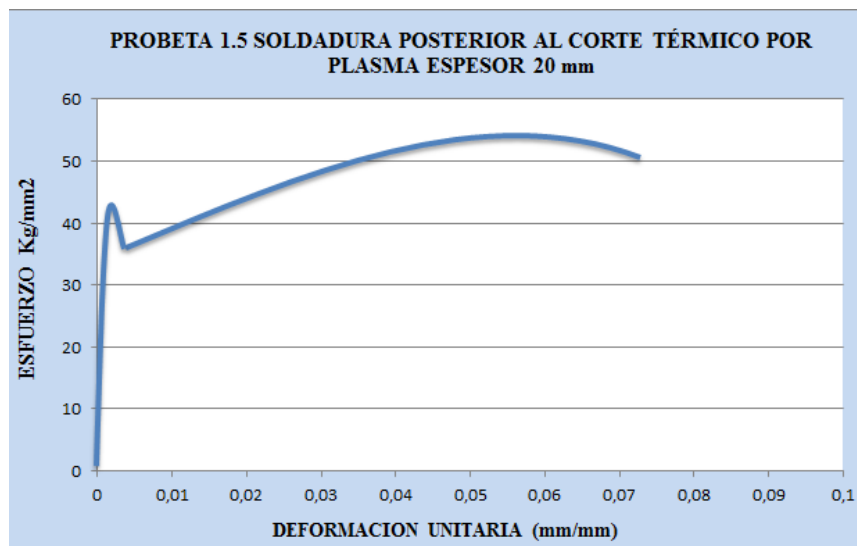
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte:</b>	1 cm / sg	<b>Presión:</b>	80 PSI		
<b>Proceso de soldado:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		5		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>		23/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	57.15 mm				






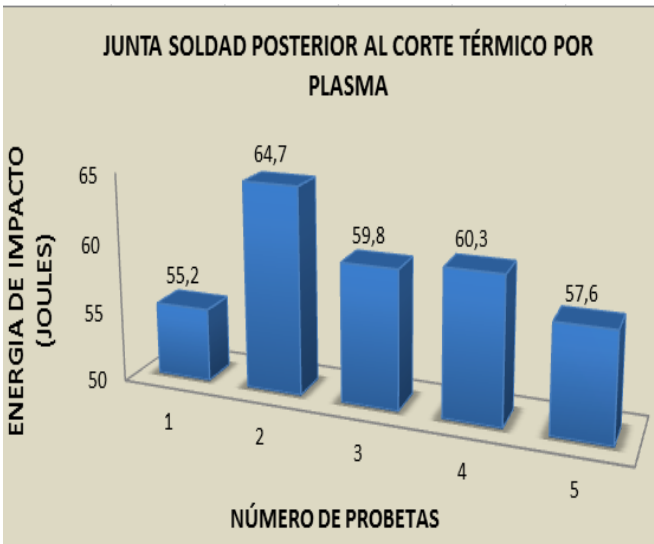
**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	28340,7 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	7,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	65 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	17,2 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	55,79 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	44,1Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	13,74 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	32,28 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	30993,77 Kg/mm <sup>2</sup>		

**4.2.2.2.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE IMPACTO.</b>							
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de corte:</b>	Plasma CNC Marca Pierce			<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión</b>	110 PSI
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Ensayos:</b>		5	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E23			<b>Fecha de elaboración:</b>		24/09/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	10mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	55 mm				
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE IMPACTO.</b>							
<b>DESCRIPCIÓN.</b>							
<b>Método:</b>	Charpy		<b>Tiempo de ensayo:</b>	1 minuto			
<b>RESULTADO</b>							
							
<b>N.- de probetas</b>	<b>Energía Impacto (J)</b>						
1	55,2						
2	64,7						
3	59,8						
4	60,3						
5	57,6						
<b>Promedio</b>	<b>59,52</b>						
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS.</b>							
<p>Las probetas soldadas posterior al corte térmico por plasma presentan un valor promedio de energía de <b>59,52 J</b>, la energía mínima es de 55,2 J y la máxima es de 64,7 J</p>							

**4.2.2.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.</b>							
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce		<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI	
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>		1	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		25/09/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			
<b>RESULTADOS.</b>							
<b>PROBETAS</b>				<b>OBSERVACIONES</b>			
<b>ANTES</b>							
							
<b>DESPUÉS</b>							
							
<b>APROBACIÓN:</b>				<b>Aprueba</b>			





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**




**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		2		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		25/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		3		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		25/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna discontinuidad, tampoco se puede ver mordedura.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura uniforme, no se puede apreciar ninguna falla.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		4		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		26/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

PROBETAS	OBSERVACIONES
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, como se puede observar en la figura.</p> <p>Cordón de soldadura uniforme, no presenta discontinuidades, tampoco aberturas</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		5		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		26/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**





**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		1		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		26/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No se puede ver ninguna discontinuidad, tampoco aberturas.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		2		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		26/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ANTES</b>	
	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<b>DESPUÉS</b>	
	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		3		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		29/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		4		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		29/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.  Cordón de soldadura sin ninguna abertura ni discontinuidades</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**





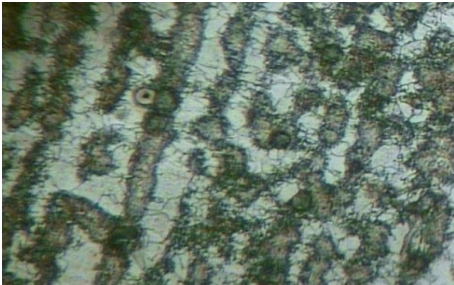
**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de corte</b>	Plasma CNC Marca Pierce	<b>Velocidad de corte</b>	1 cm/sg	<b>Presión de aire</b>	110 PSI		
<b>Proceso de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>Nº de probeta:</b>		5		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190		<b>Fecha de elaboración:</b>		29/09/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	152,4 mm				

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No presenta ninguna abertura, cordón uniforme, no se puede ver ninguna discontinuidad</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>

**4.2.3.- ENSAYO DE METALOGRAFICO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>LABORATORIO DE MATERIALES</b>							
		<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>							
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>									
Corriente	DC+	Amperaje	150-200A	Tipo de electrodo:		CC	φ de electrodo	5/32 in	
Proceso.	FCAW	Amperaje:	123[A]	Voltaje:	27 V	Velocidad de alambre (in/min)			160
Ensayo N.-		1			Fecha de ejecución.			30/09/2014	
Solicitado por:		Alex Izurieta		Norma aplicable		ASTM E 3-014, ASTM E112-96			
Revisado por:					Ing. Mg. Cristian Pérez				
Centro de Estudios y Análisis					Laboratorio de materiales de la FICM				
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE MATALOGRAFICO</b>									
Acondicionamiento de superficie					Pulido mecánico				
Temperatura durante el pulido			23 °C	Superficie reparada en:			60 min		
Ataque químico de la superficie con:			Nital 4			Durante		8 Seg	
<b>RESULTADO.</b>									
<b>FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588</b>									
<b>METAL BASE</b>					<b>ZAT</b>				
									
<b>SOLDADURA</b>									
									



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA SOLDADURA**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura:** METAL BASE

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación:** 100X

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 2 \left( 45 + \frac{24}{2} \right)$$

$$f = 2 \text{ por } 100X$$

$$NA = 2 * 57 = 114$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(114) - 2,954$$

$$G = 3,878 = 4$$



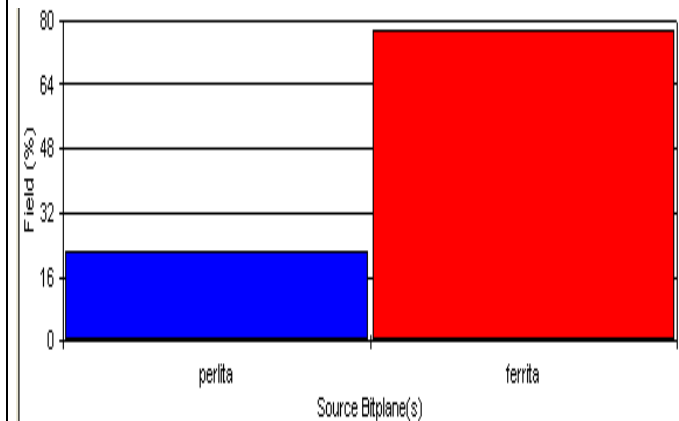
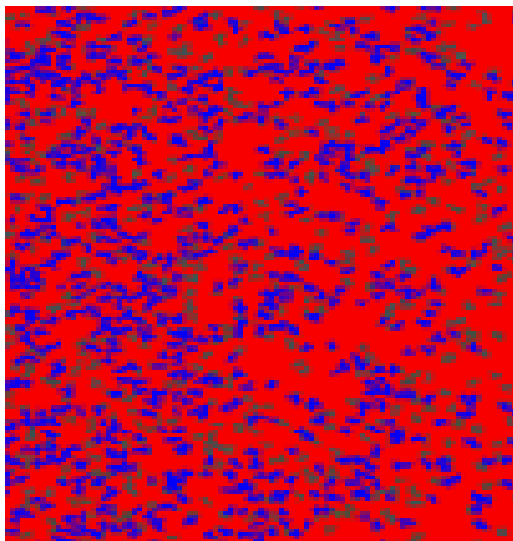
**Tamaño de grano ASTM:**

**4**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales:** 100X

**Porcentajes:**



S. Bitplane(s)	Field (%)
perlita	22,5
ferrita	77,5

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona del metal base de una junta soldada posterior al corte térmico por arc air se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 22,5% de perlita y 77,5% de ferrita.

El tamaño de grano es 4



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA ZAT**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura: SOLDADURA**

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación: 200X**

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 50 + \frac{28}{2} \right)$$

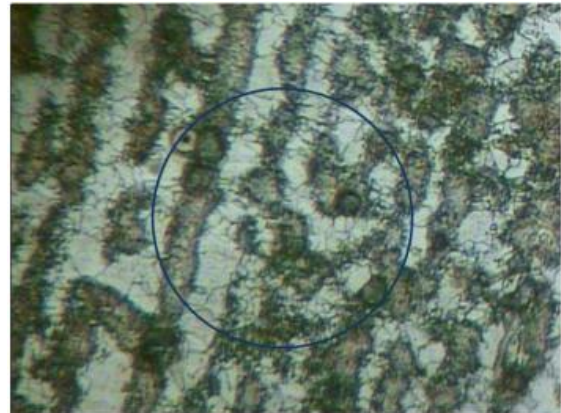
$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * 64 = 512$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(512) - 2,954$$

$$G = 6,045 = 6$$



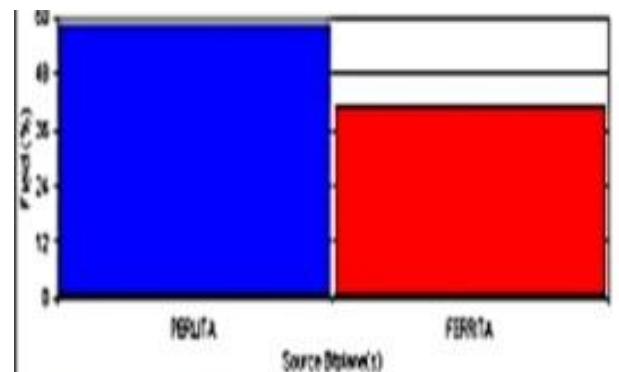
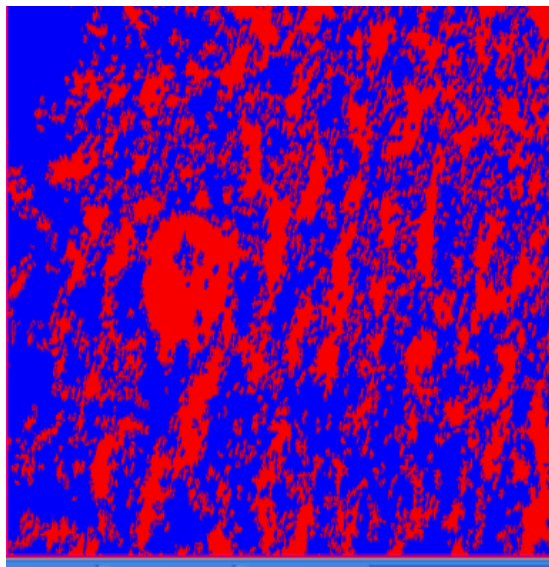
**Tamaño de grano ASTM:**

**6**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales: 200X**

**Porcentajes:**



Componente	Porcentaje (%)
perlita	58,7
ferrita	41,3

**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona del depósito de soldadura de una junta soldada posterior al corte térmico por arc air se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 58,7% de perlita y 41,3% de ferrita.

El tamaño de grano es 6



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



**EVALUACION DE LA MICROESTRUCTURA: ZONA METAL BASE**

**Determinación del tamaño de grano:**

**Microestructura:** ZAT

**Método:** ASTM E 112:96, ASTM E3:01

**Magnificación:** 200X

**Calculo:** Procedimiento Planimétrico

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left( 46 + \frac{22}{2} \right)$$

$$f = 8 \text{ por } 200X$$

$$NA = 8 * 57 = 456$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(456) - 2,954$$

$$G = 5,878 = 6$$



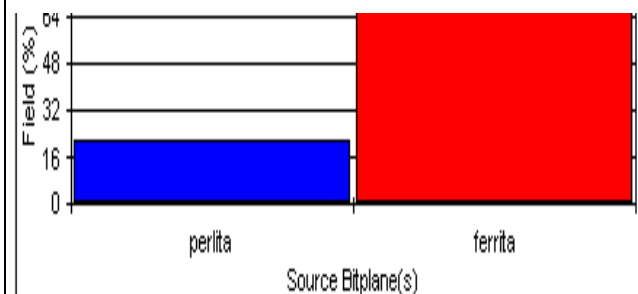
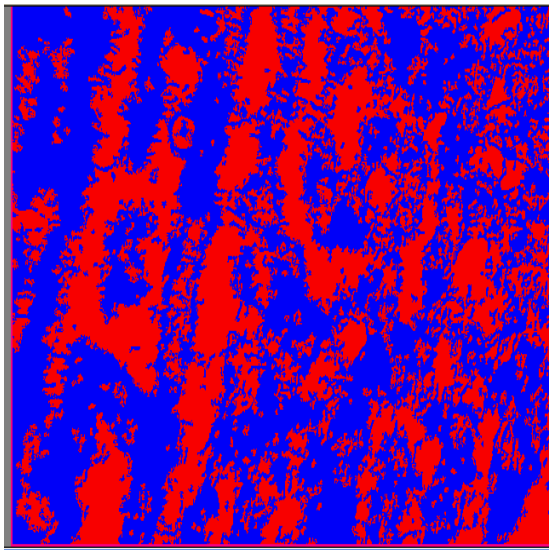
**Tamaño de grano ASTM:**

**6**

**Componentes:**

**Componentes Microestructurales:** 200X

**Porcentajes:**



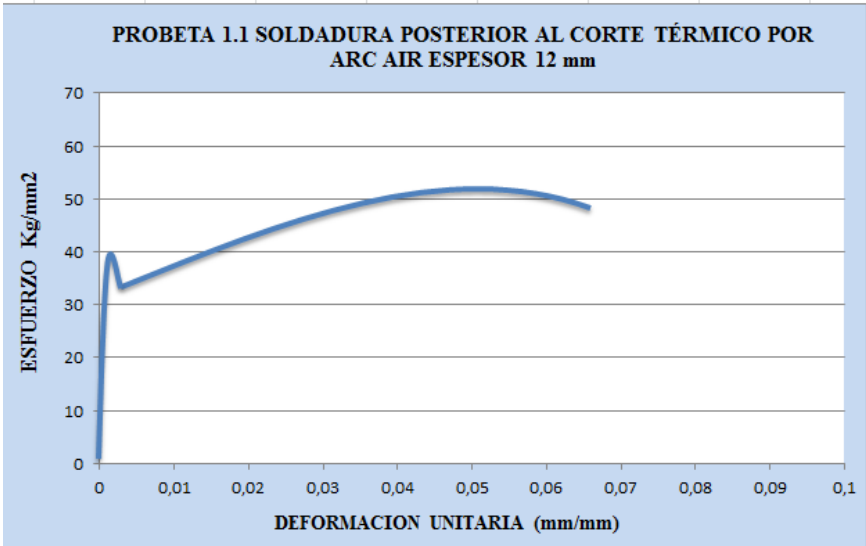


**Interpretación de resultados**

Después de analizar la microestructura de la zona zat de una junta soldada posterior al corte térmico por arc air se pudo determinar los porcentajes de los siguientes componentes con 21,8% de perlita y 78,2% de ferrita.

El tamaño de grano es 6

**4.2.3.1.- ENSAYO DE TRACCIÓN DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>						
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>								
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>								
<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric		<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>N° de probeta:</b>			1	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111			<b>Fecha de elaboración:</b>			01/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn							
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.							
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm				
								
<b>RESULTADOS</b>								
<b>Carga máxima:</b>	15931,3 Kg		<b>Deformación máxima:</b>			17,85 mm		
<b>Longitud inicial:</b>	57,15 mm		<b>Longitud final:</b>			75 mm		
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm		<b>Espesor final:</b>			7,2 mm		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>								
<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	52,27 Kg/mm <sup>2</sup>		<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>			40,61Kg/mm <sup>2</sup>		
<b>% de Elongación.</b>	31,23 %		<b>% de Reducción de Área:</b>			59,84 %		
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29038,89 Kg/mm <sup>2</sup>							



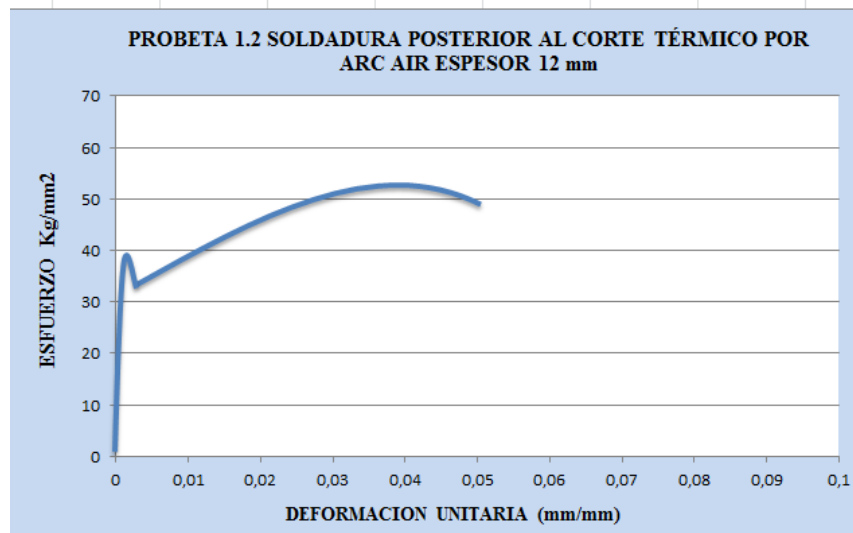
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			01/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16717,3 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	16,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	74 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	7,1 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	54,85Kg/mm2	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	39,89Kg/mm2
<b>% de Elongación.</b>	29,48 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	60,17 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29648,65 Kg/mm2		



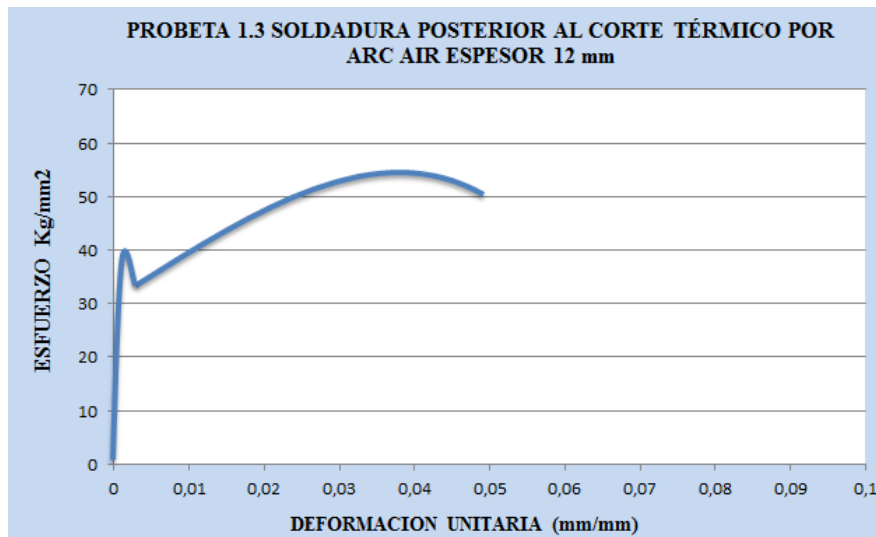
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			3	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			02/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16832,4 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	18,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	76 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	7,2 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	55,22Kg/mm2	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	40,13Kg/mm2
<b>% de Elongación.</b>	32,98 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	59,84 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29063,16 Kg/mm2		





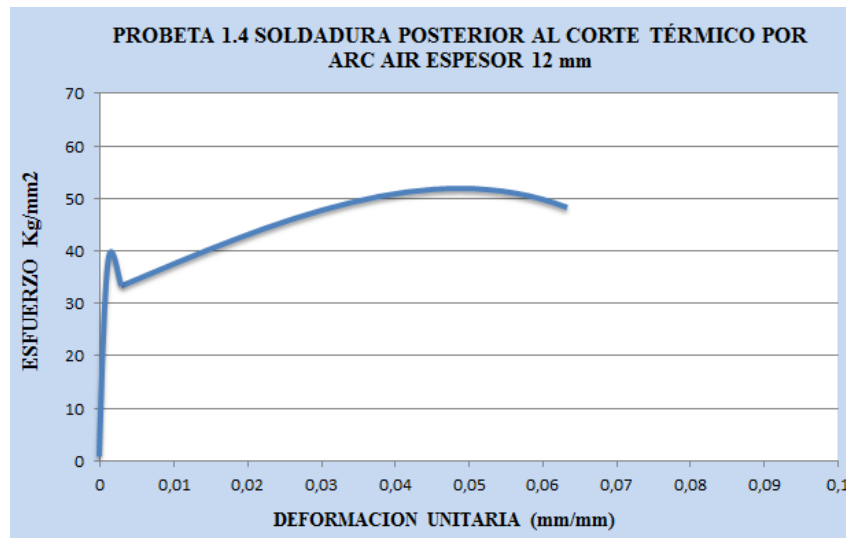
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			4	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			03/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16249,8 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	20,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	78 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	7,1 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	53,31 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	40,16Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	36,48 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	59,93 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29616,67 Kg/mm <sup>2</sup>		



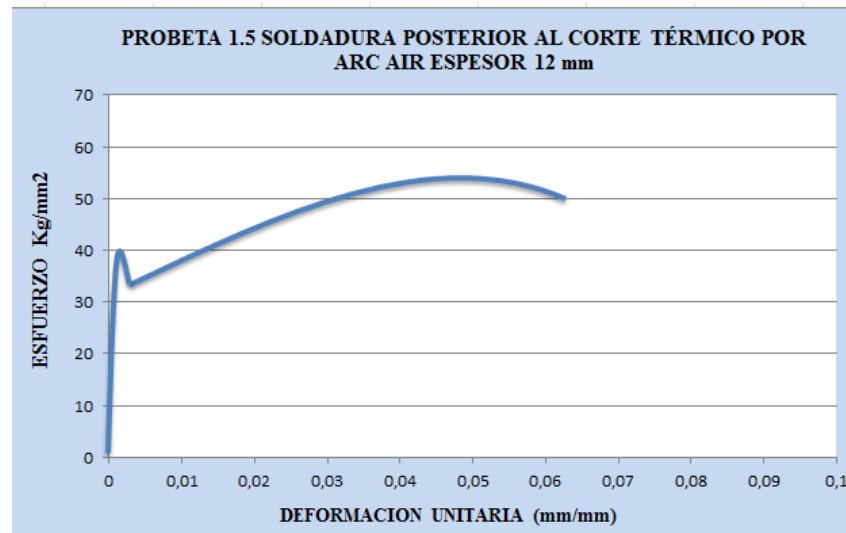
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			5	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			03/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	16157,3 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	17.85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	75 mm
<b>Espesor inicial:</b>	12 mm	<b>Espesor final:</b>	7 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	53,01Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	40,35Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	31,23 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	60,27 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	29287,29 Kg/mm <sup>2</sup>		



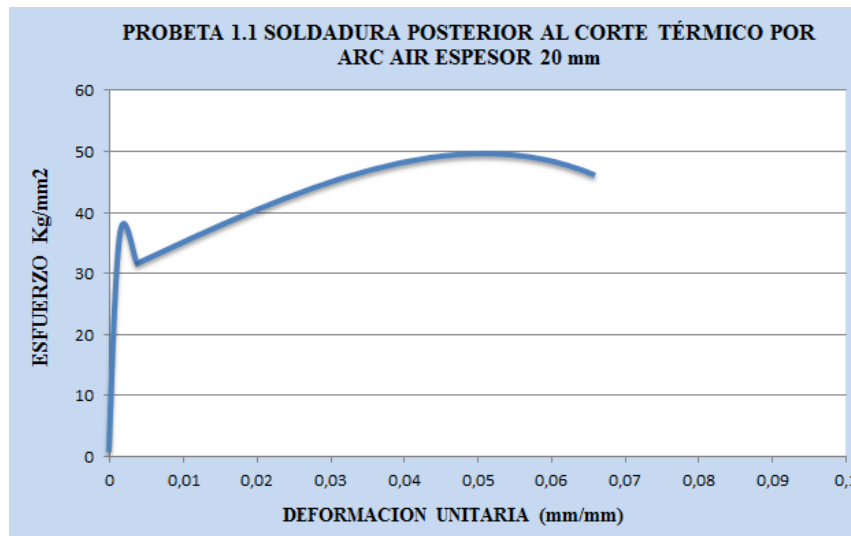
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			1	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			03/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICAM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	25164,3 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	22,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	80 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	15 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	49,54 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	37,49 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	39,98 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	52,76 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	25904,56 Kg/mm <sup>2</sup>		



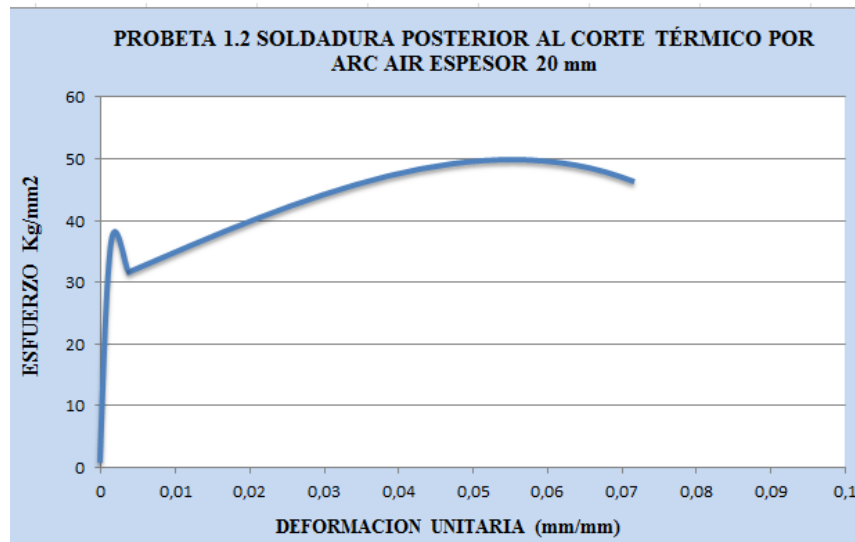
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			06/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	25568,7 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	23,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	81 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	15,2 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	50,33 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	38,69Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	41,73 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	51,83 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	25775,04 Kg/mm <sup>2</sup>		



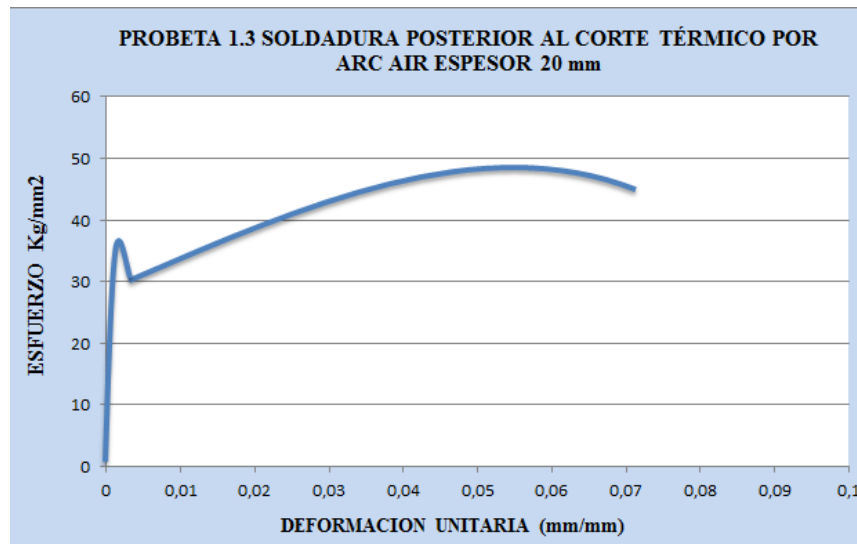
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			3	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			06/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	25287,1 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	24,35 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	81,5 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	15,3 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	49,78 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	37,77Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	42,61 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	51,21 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	25467,08 Kg/mm <sup>2</sup>		



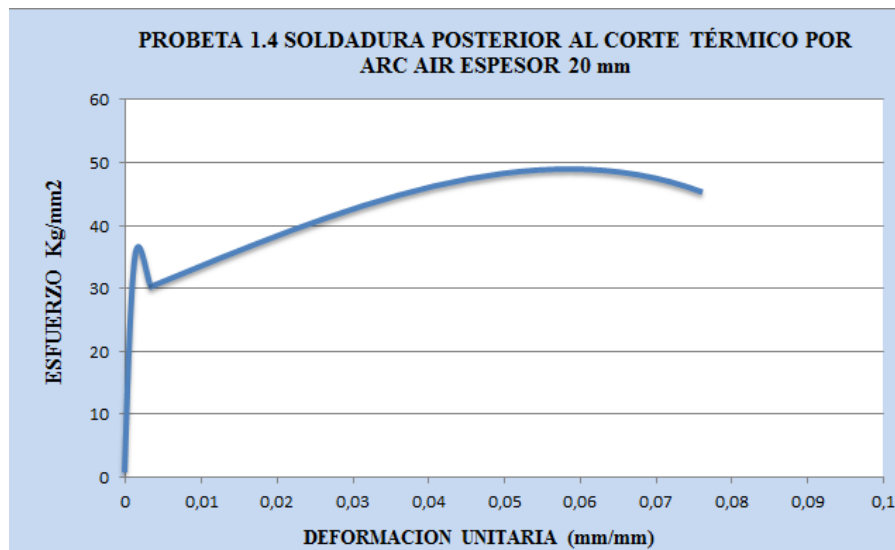
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			4	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			07/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			



**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	24981,5 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	24,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	82 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	15,4 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**

<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	49,18 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	37,45 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	43,48 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	51,49 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	26226,49 Kg/mm <sup>2</sup>		



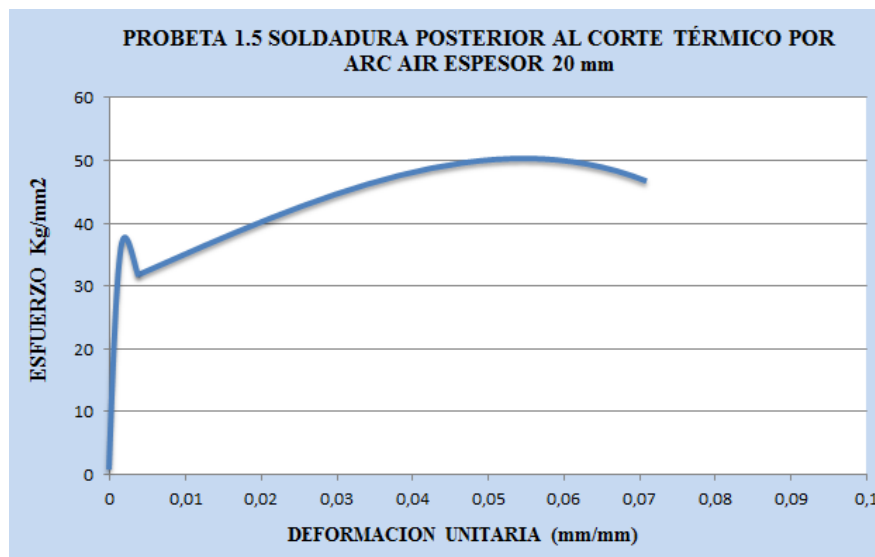
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte:</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Soldadura:</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>			5	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E8, ASTM E111		<b>Fecha de elaboración:</b>			07/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta		<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez		
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		57.15 mm			






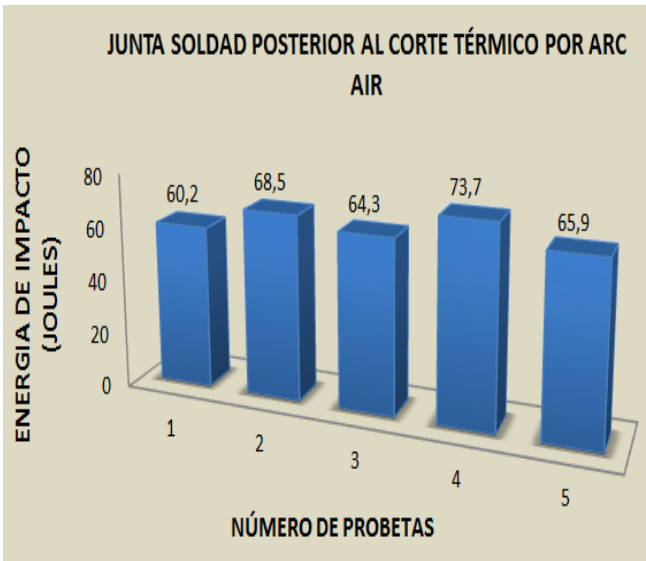
**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	25461,8 Kg	<b>Deformación máxima:</b>	22,85 mm
<b>Longitud inicial:</b>	57.15 mm	<b>Longitud final:</b>	80 mm
<b>Espesor inicial:</b>	20 mm	<b>Espesor final:</b>	15 mm

**RESULTADOS CALCULADOS**





<b>Resistencia a la tracción Sut:</b>	50,12 Kg/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a la Cedencia Sy:</b>	38,42 Kg/mm <sup>2</sup>
<b>% de Elongación.</b>	39,98 %	<b>% de Reducción de Área:</b>	52,76 %
<b>Módulo de Elasticidad</b>	25658,14 Kg/mm <sup>2</sup>		

**4.2.3.2.- ENSAYO DE IMPACTO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>							
<b>ENSAYO DE IMPACTO.</b>									
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>									
<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric		<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+	
<b>Soldadura</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Ensayos:</b>			5		
<b>Norma aplicable</b>	ASTM E23			<b>Fecha de elaboración:</b>			08/10/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Instrumento:</b>	Máquina Universal Tinius Olsen Capacidad 30 Tn								
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.								
<b>Espesor de la probeta:</b>	10mm	<b>Longitud de la probeta:</b>	55 mm						
<b>PARÁMETROS DE ENSAYOS DE IMPACTO.</b>									
<b>DESCRIPCIÓN.</b>									
<b>Método:</b>	Charpy		<b>Tiempo de ensayo:</b>	2 minutos					
<b>RESULTADO</b>									
									
<b>N.- de probetas</b>	<b>Energía Impacto (J)</b>								
1	60,2								
2	68,5								
3	64,3								
4	73,7								
5	65,9								
<b>Promedio</b>	<b>66,52</b>								
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS.</b>									
Las probetas soldadas posterior al corte térmico por arc air presentan un valor promedio de energía de <b>66,52 J</b> , la energía mínima es de 60,2 J y la máxima es de 73,7 J									



**4.2.3.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO DE LA JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÈRMICO POR ARC AIR DEL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>							
<b>ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.</b>									
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>									
<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric			<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>			1		
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>			09/10/2014		
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez			
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.							
<b>Espesor de la probeta:</b>		12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>			152,4 mm			
<b>RESULTADOS.</b>									
<b>PROBETAS</b>					<b>OBSERVACIONES</b>				
<b>ANTES</b>					<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>				
									
<b>DESPUÉS</b>					<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p>				
									
<b>APROBACIÓN:</b>					<b>Aprueba</b>				



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		09/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, cordón de soldadura uniforme, no se puede ver ninguna abertura</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		3	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		09/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura presenta fallas, tiene mordeduras y aberturas de 5mm lo cual es un parámetro que no está en lo establecido de la norma</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		4	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		13/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**





**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		5	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		13/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	12 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ninguna abertura.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 7 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		1	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		14/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta discontinuidad. La raíz del cordón de soldadura no presenta aberturas, tampoco grietas.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		2	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		14/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 5 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**





**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		3	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		15/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades, cordón uniforme sin discontinuidades</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>Aprueba</b>





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		4	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		15/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

PROBETAS	OBSERVACIONES
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Equipo de corte</b>	Soldadura Lincoln Electric	<b>Amperaje</b>	190	<b>Electrodo</b>	CC	<b>Corriente</b>	DC+
<b>Tipo de soldado</b>	FCAW	<b>Amperaje</b>	125 A	<b>Voltaje</b>	28 V	<b>Vel. de alambre</b>	170 in/min
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio			<b>Nº de probeta:</b>		5	
<b>Norma aplicable:</b>	ASTM E190			<b>Fecha de elaboración:</b>		16/10/2014	
<b>Realizado por:</b>	Alex Izurieta			<b>Tutor:</b>		Ing. Mg. Cristian Pérez	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos de FICM/ UTA.						
<b>Espesor de la probeta:</b>	20 mm	<b>Longitud de la probeta:</b>		152,4 mm			

**RESULTADOS.**

PROBETAS	OBSERVACIONES
<p><b>ANTES</b></p> 	<p>Cordón de soldadura uniforme. No presenta ninguna falla que se pueda detectar visualmente.</p>
<p><b>DESPUÉS</b></p> 	<p>La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar discontinuidades.</p> <p>La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.</p>
<b>APROBACIÓN:</b>	<b>No Aprueba</b>

### 4.3.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.3.1.-INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN.

**Tabla 4.8.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte en frío (sierra).

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) ESPESOR 12 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	555,27	423,85	22,48	53,38	308,48
<b>Ensayo 2</b>	561,15	427,38	24,23	52,59	310,03
<b>Ensayo 3</b>	530,96	412,78	23,36	53,46	306,92
<b>Ensayo 4</b>	537,73	422,48	25,11	52,03	304,66
<b>Ensayo 5</b>	551,94	420,22	25,63	51,49	308,34
<b>Promedio</b>	<b>547,41</b>	<b>421,34</b>	<b>24,162</b>	<b>52,59</b>	<b>307,69</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.9.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte en frío (sierra).

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA) ESPESOR 20 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	505,97	388,47	31,23	49,61	280,11
<b>Ensayo 2</b>	504,01	387	29,48	46,41	277,08
<b>Ensayo 3</b>	515,87	393,67	25,98	45,45	280,74
<b>Ensayo 4</b>	524,01	406,5	24,23	43,11	285,58
<b>Ensayo 5</b>	518,52	399,94	25,98	42,1	282,33
<b>Promedio</b>	<b>513,68</b>	<b>395,12</b>	<b>27,38</b>	<b>45,34</b>	<b>281,17</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.10.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA ESPESOR 12 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	603,39	478,34	11,99	36,64	335,21
<b>Ensayo 2</b>	599,17	472,46	15,49	38,63	352,44
<b>Ensayo 3</b>	597,02	461,87	13,74	35,76	335,4
<b>Ensayo 4</b>	607,5	467,07	10,24	37,99	339,39
<b>Ensayo 5</b>	604,37	473,05	14,61	39,37	341,45
<b>Promedio</b>	<b>602,29</b>	<b>470,56</b>	<b>13,214</b>	<b>37,678</b>	<b>340,78</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.11.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA ESPESOR 20 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	551,64	434,63	8,49	24,21	306,46
<b>Ensayo 2</b>	556,35	430,91	10,23	26,42	309,11
<b>Ensayo 3</b>	554,58	432,47	11,99	25,51	308,15
<b>Ensayo 4</b>	563,01	442,76	10,24	26,83	312,77
<b>Ensayo 5</b>	546,74	432,18	13,74	32,28	303,74
<b>Promedio</b>	<b>554,46</b>	<b>434,59</b>	<b>10,938</b>	<b>27,05</b>	<b>308,04</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.12.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air.

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR ESPESOR 12 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	512,25	397,98	31,23	59,84	284,58
<b>Ensayo 2</b>	537,53	390,92	29,48	60,17	290,56
<b>Ensayo 3</b>	541,16	393,27	32,98	59,84	284,82
<b>Ensayo 4</b>	522,44	393,57	36,48	59,93	290,24
<b>Ensayo 5</b>	519,49	395,43	31,23	60,27	287,02
<b>Promedio</b>	<b>526,57</b>	<b>394,23</b>	<b>32,28</b>	<b>60,01</b>	<b>287,44</b>

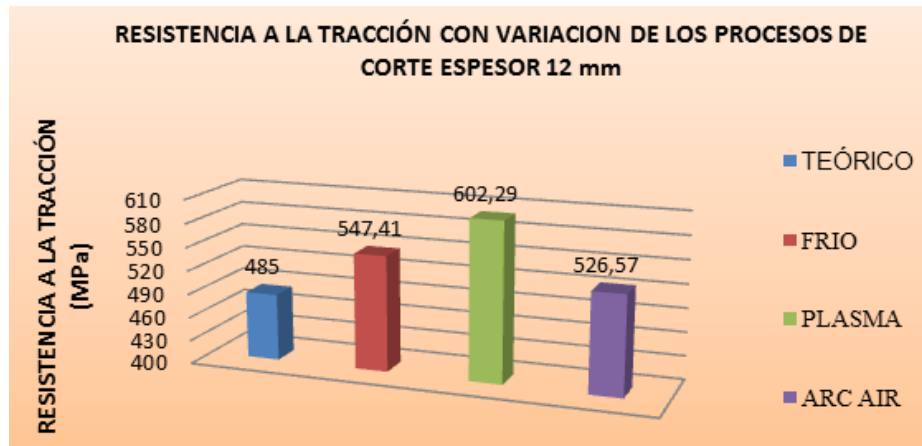
**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.13.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air.

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR ESPESOR 20 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	485,49	367,4	39,98	52,76	253,87
<b>Ensayo 2</b>	493,23	379,16	41,73	51,83	252,6
<b>Ensayo 3</b>	487,84	370,15	42,61	51,21	249,58
<b>Ensayo 4</b>	481,96	367,01	43,48	51,49	257,02
<b>Ensayo 5</b>	491,18	376,52	39,98	52,76	251,45
<b>Promedio</b>	<b>487,94</b>	<b>372,05</b>	<b>41,556</b>	<b>52,01</b>	<b>252,9</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

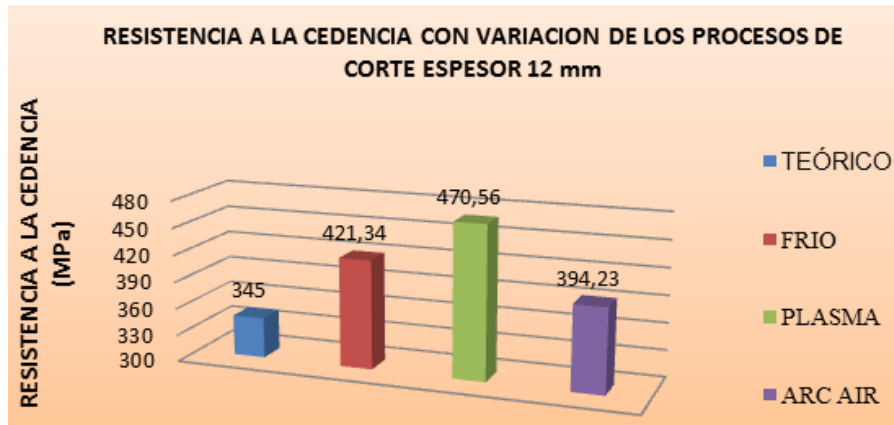
Los resultados adquiridos en los análisis, con variación de los procesos de cortes térmicos y también en el espesor del acero estructural ASTM A588, se comparan con resultados ensayados en probetas cuyas juntas fuerón soldadas posterior al corte en frio (sierra).



**Figura 4. 1.-** Comparación de resistencia a la tracción (Sut), en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 12mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

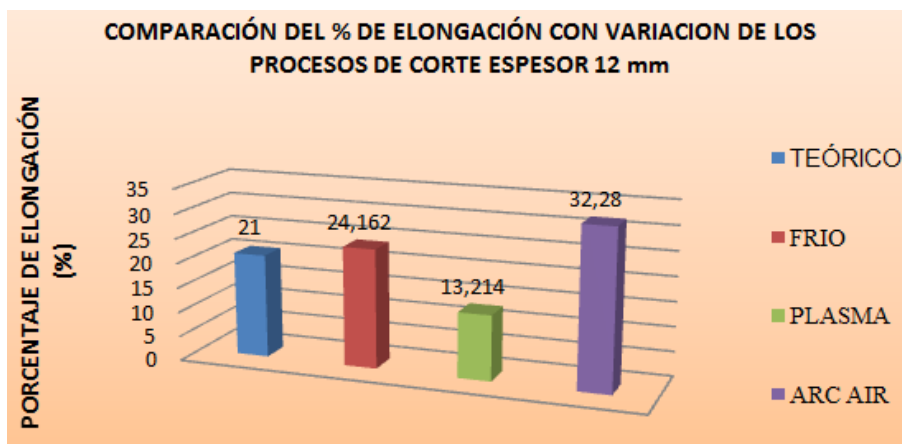
En la figura 4.1, se observan los valores obtenidos en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado muestran que son mayores al valor del catálogo, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor resistencia a la tracción presenta con un valor de 602,29 MPa, el valor intermedio de resistencia a la tracción se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frio (sierra) con un valor de 547,41 MPa, y la menor resistencia a la tracción es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 526,57 MPa



**Figura 4. 2.-** Comparación de resistencia a la cedencia ( $S_y$ ), en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 12mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

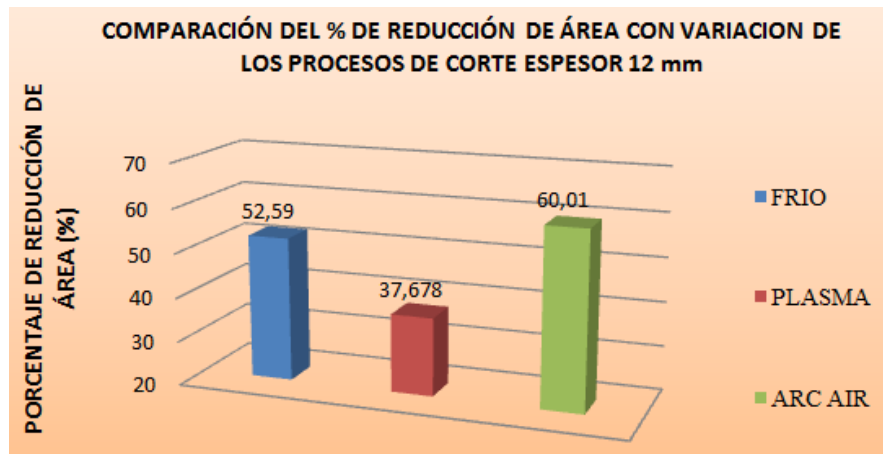
En la figura 4.2, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado muestran que son mayores al valor del catálogo, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor resistencia a la cedencia presenta con un valor de 470,56 MPa, el valor intermedio de resistencia a la cedencia se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 421,34 MPa, y la menor resistencia a la cedencia es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 394,23 MPa.



**Figura 4. 3.-** Comparación del % de elongación, en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 12mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.3, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que menor % de elongación presenta con un valor de 13,214 %, el valor intermedio de % de elongación se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 24,162 %, y el mayor % de elongación es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 32,28 %.

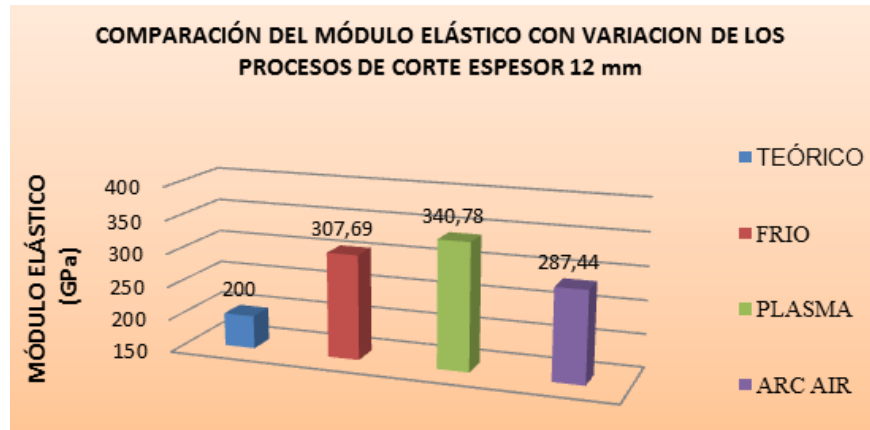


**Figura 4. 4.-** Comparación del % de reducción de área, en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 12mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.4, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que menor % de reducción de área presenta con un valor de 37,678 %, el valor intermedio de % de reducción de área se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 52,59 %, y el mayor % de reducción de área es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 60,01 %.

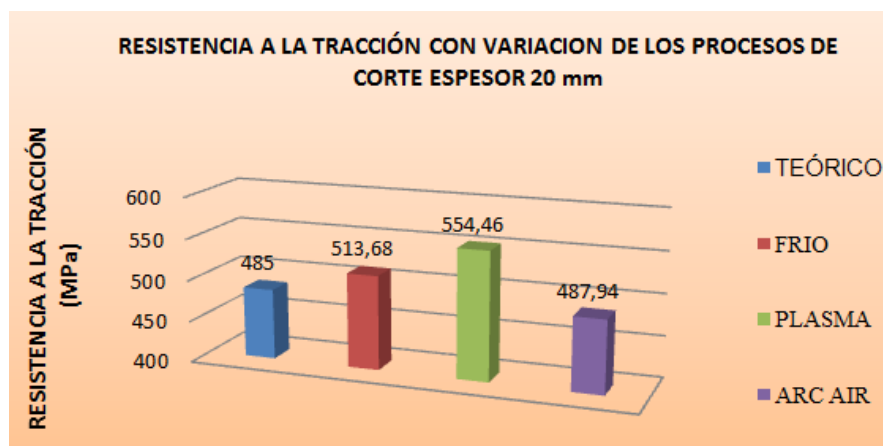




**Figura 4. 5.-** Comparación del módulo elástico, en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 12mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

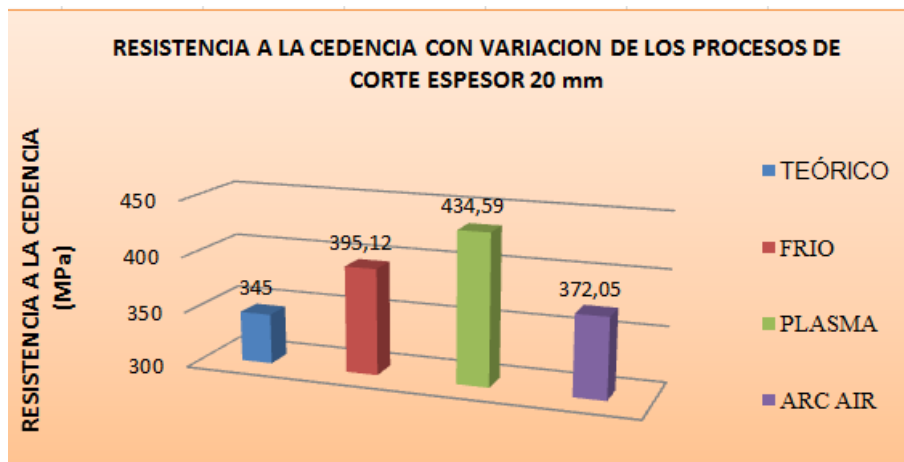
En la figura 4.5, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado muestran que son más altos que el valor de catálogo, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor módulo elástico presenta con un valor de 340,78 GPa, el valor intermedio de módulo elástico se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 307,69 GPa, y el menor módulo elástico es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 287,44 GPa.



**Figura 4. 6.-** Comparación de resistencia a la tracción (Sut), en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 20 mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

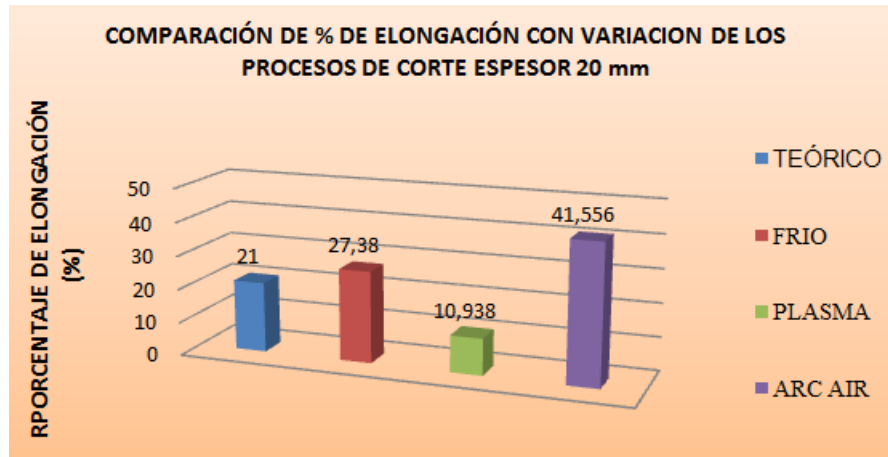
En la figura 4.6, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado muestran que son más altos que el valor de catálogo, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor resistencia a la tracción presenta con un valor de 554,46 MPa, el valor intermedio de resistencia a la tracción se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 513,68 MPa, y la menor resistencia a la tracción es la de la junta soldada posterior térmico por arc air con un valor de 487,94 MPa



**Figura 4. 7.-** Comparación de resistencia a la cedencia ( $S_y$ ), en juntas soldadas posterior a los cortes en frío, plasma y arc air en espesor de 20mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

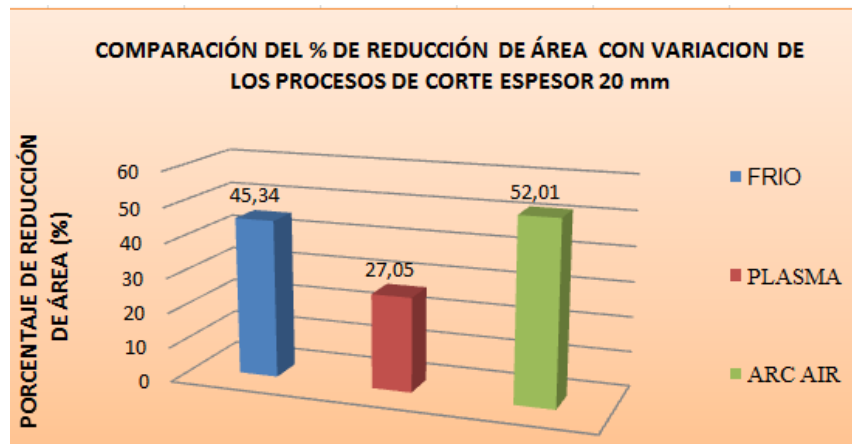
En la figura 4.7, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado muestran que son más altos que el valor de catálogo, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor resistencia a la cedencia presenta con un valor de 434,59 MPa, el valor intermedio de resistencia a la cedencia se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frío (sierra) con un valor de 395,12 MPa, y la menor resistencia a la cedencia es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 372,05 MPa



**Figura 4. 8.-** Comparación del % de elongación, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

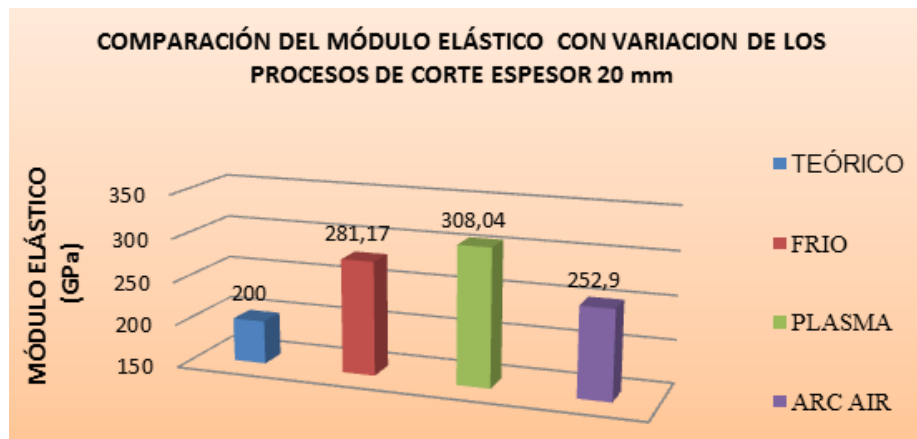
En la figura 4.8, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que menor % de elongación presenta con un valor de 10,938 %, el valor intermedio de % de elongación se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frio (sierra) con un valor de 27,38 %, y el menor % de elongación es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 41,556 %.



**Figura 4. 9.-** Comparación del % de reducción de área, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.9, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que menor % de reducción de área presenta con un valor de 27,05 %, el valor intermedio de % de reducción de área se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frio (sierra) con un valor de 45,34 %, y el menor % de reducción de área es la de la junta soldada posterior al corte térmico por air arc con un valor de 52,01 %.



**Figura 4. 10.-** Comparación del módulo elástico, en juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air en espesor de 20mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

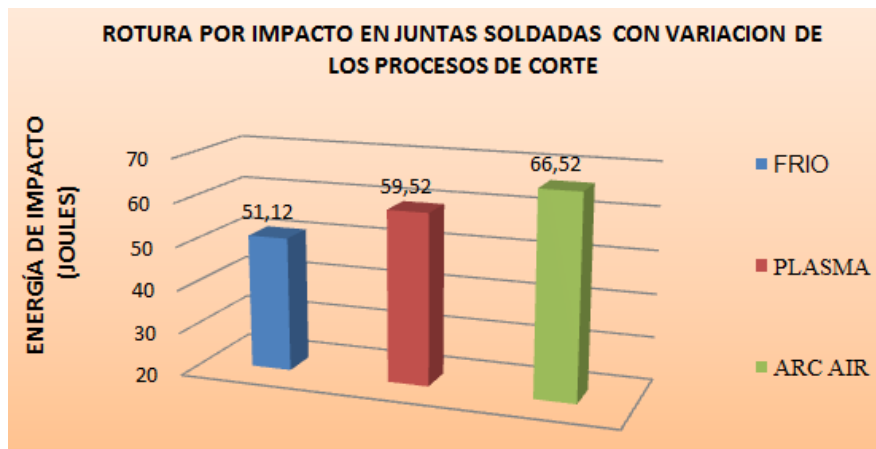
En la figura 4.10, se observan los valores obtenidos, en los ensayos de tracción en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la soldadura, en acero estructural ASTM A588. Los valores promedios en cada tipo de corte ensayado, las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma es el que mayor módulo elástico presenta con un valor de 308,04 GPa, el valor intermedio de módulo elástico se encuentra en la junta soldada posterior al corte en frio (sierra) con un valor de 281,17 GPa, y el menor módulo elástico es la de la junta soldada posterior al corte térmico por arc air con un valor de 252,9 GPa.

#### 4.3.2.-INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO.

**Tabla 4.14.-** Datos obtenidos en los ensayos de impacto en Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior a los procesos de corte en frio (sierra), plasma, y arc air.

JUNTAS SOLDADAS CON VARIACIÓN DE LOS PROCESOS DE CORTE	
PROBETAS	PROMEDIO DE ENERGIA DE IMPACTO (J)
CORTE EN FRIO (SIERRA)	51,12
CORTE TÉRMICO POR PLASMA	59,52
CORTE TÉRMICO POR ARC AIR	66,52

**FUENTE:** Alex Izurieta



**Figura 4. 11.-** Comparación de energía de impacto, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air

**(FUENTE:** Alex Izurieta)

En la figura 4.11 se muestran los resultados de la energía de impacto a la rotura en juntas soldadas con variación de los procesos de corte previo a la suelda.

Una vez realizado los ensayos podemos concluir que los cortes térmicos afectan como es lógico a la resistencia al impacto obteniendo los siguientes resultados.

Las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air presentan una mayor resistencia al impacto con un valor de 66,52 J, en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico

por plasma presentan el valor intermedio de resistencia al impacto con un valor de 59,52 J, y por último el corte en frío (sierra) es el que menor resistencia al impacto presenta con un valor de 51,21 J.

#### 4.3.3.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE DOBLES GUIADO.

**Tabla 4.15.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte en frío (sierra) de espesor 12 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE EN FRIO E=12mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades.	<b>APRUEBA</b>
3	No presenta fallas que se puedan observar visualmente La cara de la soldadura no tiene aberturas La raíz de la soldadura no presenta ninguna discontinuidad	<b>APRUEBA</b>
4	Soldadura sigue uniforme sin ninguna falla Tanto la cara como la raíz de la soldadura no presenta ninguna grieta o abertura, tampoco se puede ver ninguna discontinuidad	<b>APRUEBA</b>
5	La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.16.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 12 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA</b>		
<b>E=12mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna grieta, ni tampoco discontinuidades que se puedan observar visualmente	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura uniforme, no se puede apreciar ninguna falla.	<b>APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, como se puede observar en la figura. Cordón de soldadura uniforme, no presenta discontinuidades, tampoco aberturas	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.17.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de espesor 12 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR ARC AIR</b>		
<b>E=12mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, cordón de soldadura uniforme, no se puede ver ninguna abertura	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura presenta fallas, tiene mordeduras y aberturas de 5mm lo cual es un parámetro que no está en lo establecido de la norma	<b>NO APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ninguna abertura. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 7 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta



**Tabla 4.18.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte en frio (sierra) de espesor 20 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE EN FRIO E=20mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	Cordón de soldadura sigue uniforme La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna falla.	<b>APRUEBA</b>
2	La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 5 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>
3	Cordón de soldadura sigue uniforme sin aberturas apreciables La raíz del cordón de soldadura no presenta una fallas, cordón sin aberturas	<b>APRUEBA</b>
4	No presentan discontinuidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna falla visible.	<b>APRUEBA</b>
5	La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.19.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 20 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA</b>		
<b>E=20mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No se puede ver ninguna discontinuidad, tampoco aberturas.	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo	<b>NO APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. Cordón de soldadura sin ninguna abertura ni discontinuidades	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No presenta ninguna abertura, cordón uniforme, no se puede ver ninguna discontinuidad	<b>APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

**Tabla 4.20.-** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de espesor 20 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR ARC AIR</b>		
<b>E=20mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta discontinuidad. La raíz del cordón de soldadura no presenta aberturas, tampoco grietas.	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 5 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades, cordón uniforme sin discontinuidades	<b>APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar discontinuidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

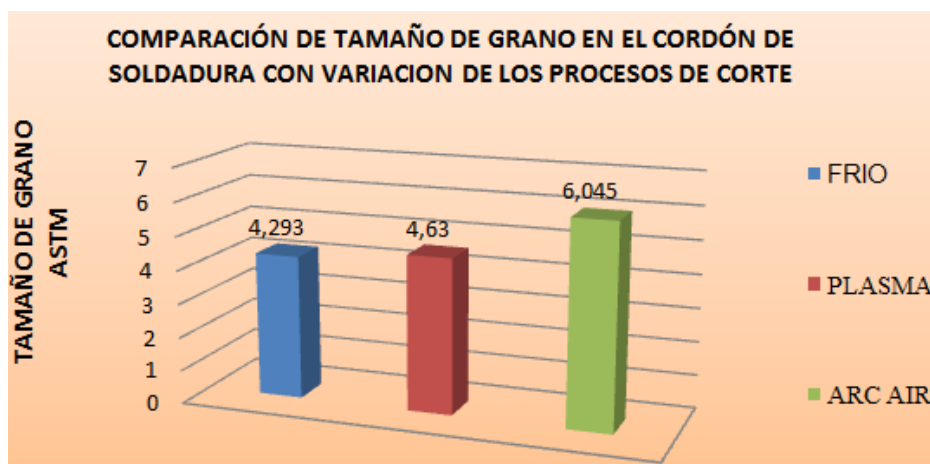
**FUENTE:** Alex Izurieta

#### 4.3.4.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO.

**Tabla 4.21.-** Tamaño de grano en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588.

JUNTAS SOLDADAS CON VARIACIÓN DE LOS PROCESOS DE CORTE			
PROBETAS	TAMAÑO DE GRANO ASTM		
	METAL BASE	SOLDADURA	ZAT
CORTE EN FRIO (SIERRA)	3,046	4,293	3,133
CORTE TÉRMICO POR PLASMA	3,215	4,63	4,368
CORTE TÉRMICO POR ARC AIR	3,878	6,045	5,878

(FUENTE: Alex Izurieta)



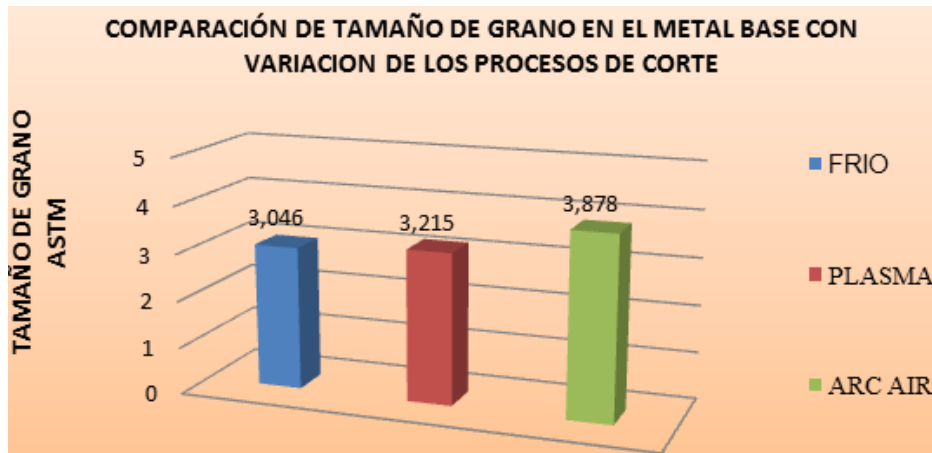
**Figura 4. 12.-** Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona soldadura)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.12 nos indican el tamaño de grano ASTM, en la zona de soldadura (cordón) el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan un menor tamaño de grano respecto a los otros procesos de corte térmico con 4,293, en cambio las juntas soldadas

posterior al corte térmico por plasma indican un tamaño de 4,63, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen un mayor tamaño de grano con un 6,045.

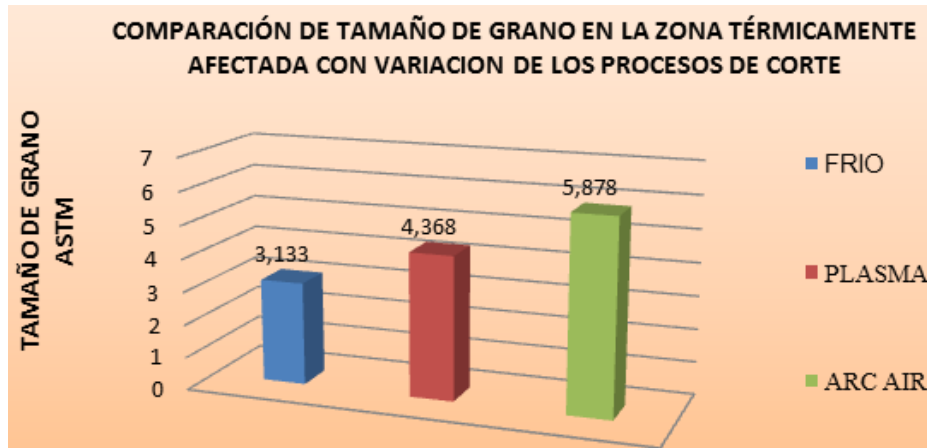


**Figura 4. 13.-** Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona metal base)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.13 nos indican el tamaño de grano ASTM, en la zona de metal base el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma presentan un valor intermedio de tamaño de grano respecto a los otros procesos de corte con 3,215, en cambio las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) indican un valor menor de tamaño de grano en comparación con los otros dos cortes con 3,046, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen un mayor tamaño de 3,878.



**Figura 4. 14.-** Comparación de tamaño de grano, en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (ZAT)

(FUENTE: Alex Izurieta)

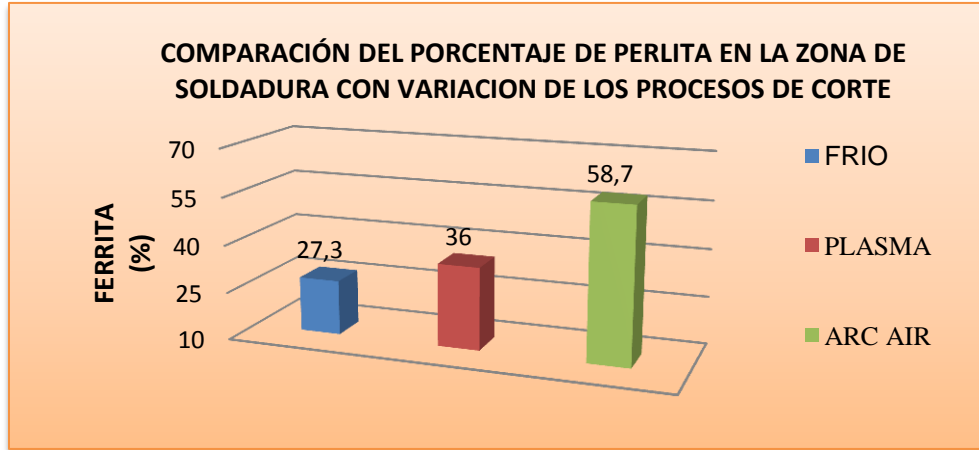
En la figura 4.14 nos indican el tamaño de grano ASTM, en la ZAT el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan el menor tamaño de grano respecto a los otros procesos de corte térmico con 3,133, en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma indican un valor intermedio de tamaño de grano en comparación con el corte por arc air con 4,368, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen un mayor tamaño de grano con un 5,878.

**Tabla 4.22.-** Comparación de porcentaje de perlita en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588.

JUNTAS SOLDADAS CON VARIACIÓN DE LOS PROCESOS DE CORTE			
PROBETAS	PORCENTAJE DE PERLITA (%)		
	METAL BASE	SOLDADURA	ZAT
CORTE EN FRIO (SIERRA)	21,8	27,3	30,5
CORTE TÉRMICO POR PLASMA	22,9	36	21,4
CORTE TÉRMICO POR ARC AIR	22,5	58,7	21,8

(FUENTE: Alex Izurieta)

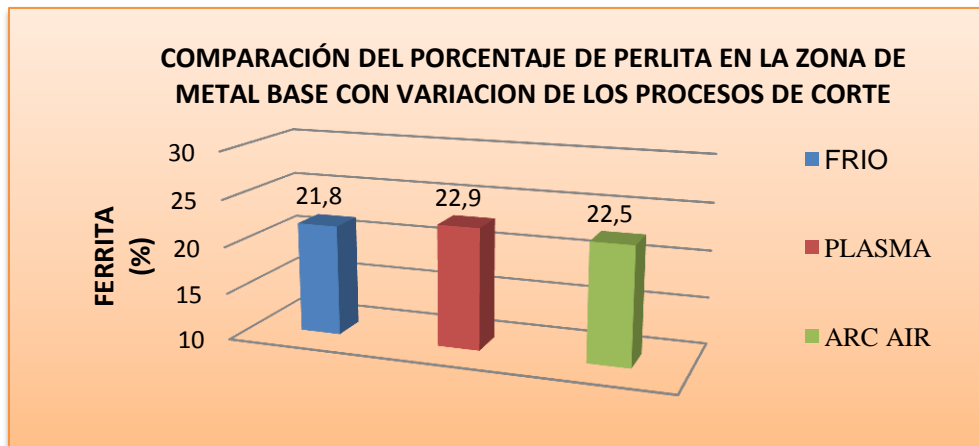


**Figura 4. 15.-** Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona soldadura)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.15 nos indican el porcentaje de perlita, en la zona de soldadura en el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior a los cortes por plasma y arc air presentan los valores más altos de porcentaje de perlita con 36% y 58,7% respectivamente en cambio las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) indican el valor más bajo que los otros dos procesos de corte con 27,3%.

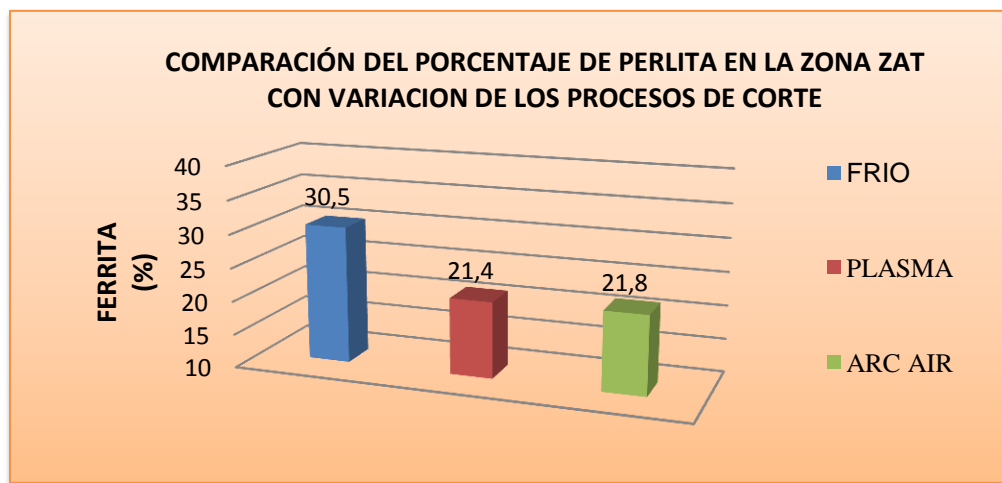


**Figura 4. 16.-** Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona metal base)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.16 nos indican el porcentaje de perlita, en la zona del metal base en el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan el valor más bajo de porcentaje de perlita respecto a los otros procesos de corte térmico con 21,8% en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air indican un valor intermedio de porcentaje de perlita con 22,5%, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma tienen el valor más alto de porcentaje de perlita con un 22,9%.



**Figura 4. 17.-** Comparación del porcentaje de perlita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (ZAT)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.17 nos indican el porcentaje de perlita, en la ZAT en el cual se puede identificar los siguientes valores.

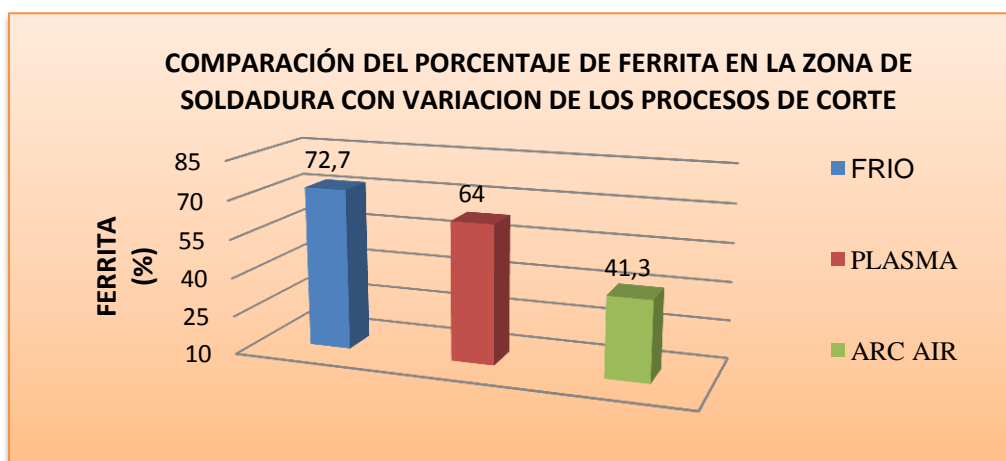
Las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma presentan el valor más bajo de porcentaje de perlita respecto a los otros procesos de corte con 21,4% en cambio las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) indican el valor más alto de porcentaje de perlita en comparación con los otros dos cortes con 30,5%, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen el valor intermedio de porcentaje de perlita con un 21,8%.



**Tabla 4.23.-** Comparación de porcentaje de ferrita en juntas soldadas con variación de los procesos de corte en el acero estructural ASTM A588.

<b>JUNTAS SOLDADAS CON VARIACIÓN DE LOS PROCESOS DE CORTE</b>			
<b>PROBETAS</b>	<b>PORCENTAJE DE FERRITA (%)</b>		
	<b>METAL BASE</b>	<b>SOLDADURA</b>	<b>ZAT</b>
<b>CORTE EN FRIO (SIERRA)</b>	78,2	72,7	69,5
<b>CORTE TÉRMICO POR PLASMA</b>	77,3	64	78,6
<b>CORTE TÉRMICO POR ARC AIR</b>	77,5	41,3	78,2

(FUENTE: Alex Izurieta)

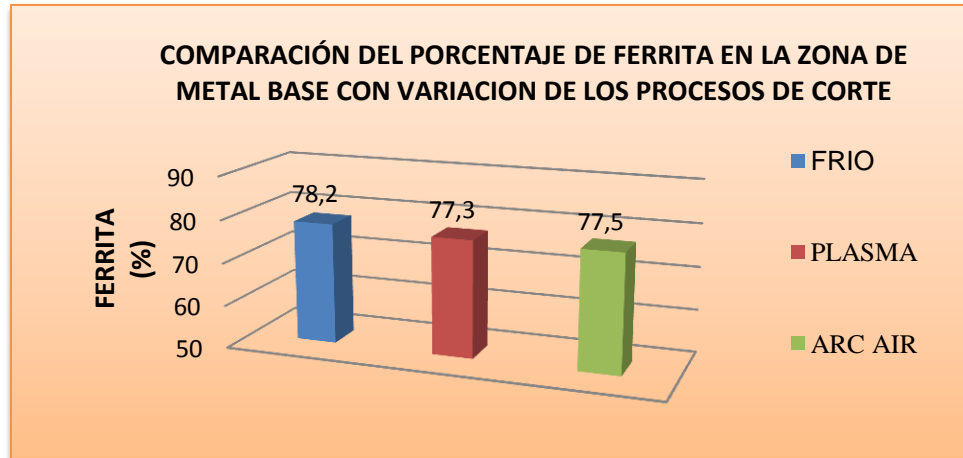


**Figura 4. 18.-** Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona de soldadura)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.18 nos indican el porcentaje de ferrita, en la zona de soldadura en el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan el valor más alto de porcentaje de ferrita con 72,7% en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma indican el valor intermedio de porcentaje de ferrita con 64%, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen el valor más bajo de porcentaje de ferrita con un 41,3%.

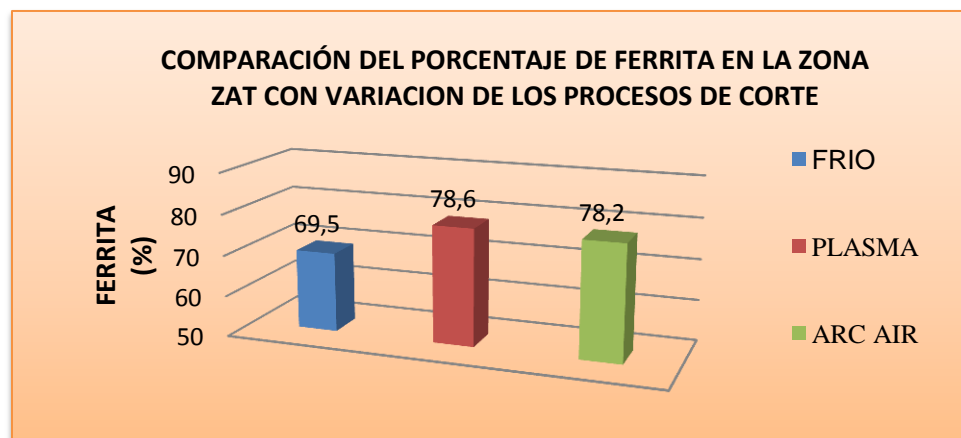


**Figura 4. 19.-** Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zona de metal base)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.19 nos indican el porcentaje de ferrita, en la zona de metal base en el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan el valor más alto de porcentaje de ferrita respecto a los otros procesos de corte térmico con 78,2% en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma indican el valor más bajo de porcentaje de ferrita con 77,3%, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por arc air tienen un valor intermedio de porcentaje de ferrita con un 77,5%.



**Figura 4. 20.-** Comparación del porcentaje de ferrita en un juntas soldadas posterior a los cortes en frio, plasma y arc air (zat)

(FUENTE: Alex Izurieta)

En la figura 4.20 nos indican el porcentaje de ferrita, en la zona en el cual se puede identificar los siguientes valores.

Las juntas soldadas posterior al corte en frío (sierra) presentan el valor más alto de porcentaje de ferrita respecto a los otros procesos de corte térmico con 81,7% en cambio las juntas soldadas posterior al corte térmico por arco air indican un valor intermedio de porcentaje de ferrita en comparación con los otros dos cortes con 78,3%, y finalmente se puede determinar que las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma tienen el valor más bajo de porcentaje de ferrita con un 77,3%.

#### **4.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

Luego de haber ensayado y realizado las pruebas de tracción, dobles, impacto, metalográfico, en las probetas preparadas según normas, y lo extraído de las fuentes bibliográficas, se puede hacer una verificación de las hipótesis.

En las juntas soldadas posterior a los procesos de corte térmico por plasma y arco air en acero estructural ASTM A588.

Se comprueba la hipótesis estadísticamente teniendo la tabla que refleja los datos de los ensayos realizados en el estudio comparando los procesos de corte térmico con el proceso de corte en frío (sierra).

**HIPÓTESIS H<sub>0</sub>:** EL ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588 NO PERMITIRÁ MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.

**HIPÓTESIS H<sub>a</sub>:** EL ESTUDIO DE LAS JUNTAS SOLDADAS A TOPE POSTERIOR A LOS PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN EL ACERO ESTRUCTURAL ASTM A588 PERMITIRÁ MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.

**Tabla 4.24.-** Datos tomados de los ensayos de tracción en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE EN FRIO (SIERRA)</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	555,27	423,85	22,48	53,38	308,48
<b>Ensayo 2</b>	561,15	427,38	24,23	52,59	310,03
<b>Ensayo 3</b>	530,96	412,78	23,36	53,46	306,92
<b>Ensayo 4</b>	537,73	422,48	25,11	52,03	304,66
<b>Ensayo 5</b>	551,94	420,22	25,63	51,49	308,34
<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	603,39	478,34	11,99	36,64	335,21
<b>Ensayo 2</b>	599,17	472,46	15,49	38,63	352,44
<b>Ensayo 3</b>	597,02	461,87	13,74	35,76	335,4
<b>Ensayo 4</b>	607,5	467,07	10,24	37,99	339,39
<b>Ensayo 5</b>	604,37	473,05	14,61	39,37	341,45
<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR ARC AIR</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	512,25	397,98	31,23	59,84	284,58
<b>Ensayo 2</b>	537,53	390,92	29,48	60,17	290,56
<b>Ensayo 3</b>	541,16	393,27	32,98	59,84	284,82
<b>Ensayo 4</b>	522,44	393,57	36,48	59,93	290,24
<b>Ensayo 5</b>	519,49	395,43	31,23	60,27	287,02

(FUENTE: Alex Izurieta)

**Tabla 4.25.-** Datos tomados de los ensayos de Impacto en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

<b>ENSAYO DE IMPACTO ENERGIA DE IMPACTO (J)</b>			
<b>PROBETAS</b>	<b>Frio (sierra)</b>	<b>Plasma</b>	<b>Arc air</b>
<b>1</b>	45,6	55,2	60,2
<b>2</b>	49,1	64,7	68,5
<b>3</b>	53,8	59,8	64,3
<b>4</b>	51,4	60,3	73,7
<b>5</b>	55,7	57,6	65,9

**FUENTE:** Alex Izurieta

## **VERIFICACIÓN**

La hipótesis se verificará realizando la Prueba “t” de Student para Observaciones Pareadas en los grupos de datos de los ensayos de: Tracción, Impacto y dobles de los procesos de corte térmico comparados con los datos del proceso de corte en frio (sierra).

Para la comprobación de la hipótesis se realizará un ensayo unilateral, hacia una cola, con un nivel de significación  $\alpha = 5\%$  obteniendo el siguiente “t” tabulado:

$$PROBABILIDAD (P) = \frac{\alpha}{100} = \frac{5}{100} = 0.05$$

Como se analiza para una sola cola la probabilidad dividimos para 1 teniendo

$$P = \frac{0.05}{1} = 0.05$$

Los grados de libertad son:

$$gl = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

n = muestra

Con P y gl vamos a la tabla de “t” (ver anexo C) y tenemos

$$"t" \text{ tab}_{(4gl; 0.05)} = 2.132$$

Como se analiza a una sola cola

$$t_{\text{calculado}} > 2.132$$

**Regla de decisión:** Se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas, si el valor de  $t$  a calcularse es mayor que el valor de 2.132, caso contrario si el valor es menor o igual se acepta la  $H_o$ , es decir el proceso de corte térmico no permite mejorar las propiedades mecánicas.

#### 4.4.1.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra)

**Tabla 4.26.-** Datos tomados de los ensayos de tracción (Sut) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	Sut (MPa)		D = Sut <sub>1</sub> - Sut <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte por plasma	Corte en frío		
1	603,39	555,27	48,12	2315,53
2	599,17	561,15	38,02	1445,52
3	597,02	530,96	66,06	4363,92
4	607,5	537,73	69,77	4867,85
5	604,37	551,94	52,43	2748,90
<b>SUMA</b>	<b>3011,45</b>	<b>2737,05</b>	<b>274,40</b>	<b>15741,74</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>602,29</b>	<b>547,41</b>	<b>54,88</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(15741,74) - \frac{(274,4)^2}{5}}{5(5-1)} = 34,13$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 5,84$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{54,88}{5,84} = 9,39$$

$$t_{calculado} = 9,39 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas.

#### 4.4.2.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frio (sierra)

**Tabla 4.27.-** Datos tomados de los ensayos de tracción ( $S_y$ ) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	Sy (MPa)		D = Sy <sub>1</sub> - Sy <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte por plasma	Corte en frio		
1	Sy1 478,34	Sy2 423,85	54,49	2969,16
2	472,46	427,38	45,08	2032,21
3	461,87	412,78	49,09	2409,83
4	467,07	422,48	44,59	1988,27
5	473,05	420,22	52,83	2791,01
<b>SUMA</b>	<b>2352,79</b>	<b>2106,71</b>	<b>246,08</b>	<b>12190,47</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>470,558</b>	<b>421,342</b>	<b>49,216</b>	

**FUENTE: Alex Izurieta**

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(12190,47) - \frac{(246,08)^2}{5}}{5(5-1)} = 3,97$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 1,99$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{49,216}{1,99} = 24,7$$

$$t_{calculado} = 24,7 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas.

#### 4.4.3.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frio (sierra)

**Tabla 4.28.-** Datos tomados de los ensayos de tracción (módulo de elasticidad) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	ME (GPa)		D = ME <sub>1</sub> - ME <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte por plasma	Corte en frio		
1	ME1 335,21	ME2 308,48	26,73	714,49
2	352,44	310,03	42,41	1798,61
3	335,4	306,92	28,48	811,11
4	339,39	304,66	34,73	1206,17
5	341,45	308,34	33,11	1096,27
<b>SUMA</b>	<b>1703,89</b>	<b>1538,43</b>	<b>165,46</b>	<b>5626,66</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>340,778</b>	<b>307,686</b>	<b>33,092</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta



Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(5626,66) - \frac{(165,46)^2}{5}}{5(5-1)} = 7,56$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 2,75$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{33,092}{2,75} = 12,03$$

$$t_{calculado} = 12,03 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas.

#### 4.4.4.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por plasma en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frio (sierra)

**Tabla 4.29.-** Datos tomados de los ensayos de Impacto (energía de impacto) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	Energía de impacto (J)		D = EI <sub>1</sub> - EI <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte por plasma	Corte en frio		
1	55,2	45,6	9,6	92,16
2	64,7	49,1	15,6	243,36
3	59,8	53,8	6	36,00
4	60,3	51,4	8,9	79,21
5	57,6	55,7	1,9	3,61
<b>SUMA</b>	<b>297,60</b>	<b>255,60</b>	<b>42,00</b>	<b>454,34</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>59,52</b>	<b>51,12</b>	<b>8,4</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(454,34) - \frac{(42)^2}{5}}{5(5-1)} = 5,07$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 2,25$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{8,4}{2,25} = 3,73$$

$$t_{calculado} = 3,73 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas

#### 4.4.5.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en el ensayo de doblado guiado con respecto al proceso de corte en frio (sierra)

La hipótesis se verificará realizando la Prueba “t” de Student para diferencia entre dos porciones en los grupos de datos del ensayo de dobles de los procesos de corte térmico comparados con los datos del proceso de corte en frio (sierra).

**Tabla 4.30.-** Datos tomados de los ensayos de dobles en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

ENSAYO DE DOBLADO GUIADO % DE PROBETAS ACEPTADAS		
ENSAYOS	TIPOS DE CORTES	PROBETAS APROBADAS
5	Frio (sierra)	50 %
5	Plasma	80 %

**FUENTE:** Alex Izurieta

Para lo cual indicaremos las muestras respectivas:

$$n_1 = 5 \qquad p_1 = 50 \% \qquad q_1 = 50 \%$$

$$n_2 = 5 \qquad p_2 = 80 \% \qquad q_2 = 20 \%$$

$\alpha = 5 \%$  obteniendo el siguiente "t" tabulado

Como se analiza para una sola cola la probabilidad dividimos para 1 teniendo

$$P = \frac{0.05}{1} = 0.05$$

Los grados de libertad son

$$gl = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

Con P y gl vamos a la tabla de "t" (ver anexo C) y tenemos

$$"t" \text{ tab}_{(8gl; 0.05)} = 1.86$$

Como se analiza a una sola cola

$$t_{\text{calculado}} > -1.86$$

**Regla de decisión:** Se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas, si el valor de  $t$  a calcularse es mayor que el valor de -1.86, caso contrario si el valor es menor se acepta la  $H_0$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma no permite mejorar las propiedades mecánicas.

$$S_{p_1-p_2} = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{n_1} + \frac{p_2 \cdot q_2}{n_2}} = \sqrt{\frac{0.5 \cdot 0.5}{5} + \frac{0.8 \cdot 0.2}{5}} = 0.286$$

$$t = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{n_1} + \frac{p_2 \cdot q_2}{n_2}}} = \frac{0.5 - 0.8}{0.286} = -1.05$$

$$t_{\text{calculado}} > 1.86$$

Como  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que t tabulado se acepta la  $H_a$  es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas

**4.4.6.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra)**

**Tabla 4.31.-** Datos tomados de los ensayos de tracción (Sut) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

Nº	Sut (MPa)		D = Sut <sub>1</sub> - Sut <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte en frío	Corte por arc air		
	Sut1	Sut2		
1	555,27	512,25	43,02	1850,72
2	561,15	537,53	23,62	557,90
3	530,96	541,16	-10,2	104,04
4	537,73	522,44	15,29	233,78
5	551,94	519,49	32,45	1053,00
<b>SUMA</b>	<b>2737,05</b>	<b>2632,87</b>	<b>104,18</b>	<b>3799,45</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>547,41</b>	<b>526,574</b>	<b>20,836</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(3799,45) - \frac{(104,18)^2}{5}}{5(5-1)} = 81,44$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 9,02$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{20,836}{9,02} = 2,31$$

$$t_{calculado} = 2,31 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se rechaza la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por arc air no permite mejorar las propiedades mecánicas.

**4.4.7.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra)**

**Tabla 4.32.-** Datos tomados de los ensayos de tracción ( $S_y$ ) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

Nº	Sy (MPa)		D = Sy <sub>1</sub> - Sy <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte en frío Sy1	Corte por arc air Sy2		
1	423,85	397,98	25,87	669,26
2	427,38	390,92	36,46	1329,33
3	412,78	393,27	19,51	380,64
4	422,48	393,57	28,91	835,79
5	420,22	395,43	24,79	614,54
<b>SUMA</b>	<b>2106,71</b>	<b>1971,17</b>	<b>135,54</b>	<b>3829,56</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>421,342</b>	<b>394,234</b>	<b>27,108</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(3829,56) - \frac{(135,54)^2}{5}}{5(5-1)} = 7,77$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 2,79$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{27,108}{2,79} = 9,72$$

$$t_{calculado} = 9,72 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se rechaza la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por arc air no permite mejorar las propiedades mecánicas.

**4.4.8.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de tracción con respecto al proceso de corte en frío (sierra)**

**Tabla 4.33.-** Datos tomados de los ensayos de tracción (ME) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	ME (GPa)		D = ME <sub>1</sub> - ME <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte en frío	Corte por arc air		
	ME <sub>1</sub>	SME <sub>2</sub>		
1	308,48	284,58	23,9	571,21
2	310,03	290,56	19,47	379,08
3	306,92	284,82	22,1	488,41
4	304,66	290,24	14,42	207,94
5	308,34	287,02	21,32	454,54
<b>SUMA</b>	<b>1538,43</b>	<b>1437,22</b>	<b>101,21</b>	<b>2101,18</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>307,686</b>	<b>287,444</b>	<b>20,242</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(2101,18) - \frac{(101,21)^2}{5}}{5(5-1)} = 2,62$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 1,19$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{20,242}{1,19} = 12,49$$

$$t_{calculado} = 12,49 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se rechaza la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por arc air no permite mejorar las propiedades mecánicas.

**4.4.9.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frío (sierra)**

**Tabla 4.34.-** Datos tomados de los ensayos de Impacto (energía de impacto) en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

N°	Energía de impacto (J)		D = EI <sub>1</sub> - EI <sub>2</sub>	D <sup>2</sup>
	Corte por arc air	Corte en frío		
1	60,2	45,6	14,6	213,16
2	68,5	49,1	19,4	376,36
3	64,3	53,8	10,5	110,25
4	73,7	51,4	22,3	497,29
5	65,9	55,7	10,2	104,04
<b>SUMA</b>	<b>332,60</b>	<b>255,60</b>	<b>77,00</b>	<b>1301,10</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>66,52</b>	<b>51,12</b>	<b>15,4</b>	

**FUENTE:** Alex Izurieta

Calculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(1301,10) - \frac{(77)^2}{5}}{5(5-1)} = 5,77$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 2,4$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{15,4}{2,4} = 6,41$$

$$t_{calculado} = 6,41 > t_t = 2.132$$

El valor de  $t > 2.132$ , por lo tanto se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por arc air permite mejorar las propiedades mecánicas

**4.4.10.- Verificación de la hipótesis del efecto que tiene el proceso de corte térmico por arc air en las propiedades de Impacto con respecto al proceso de corte en frío (sierra)**

**Tabla 4.35.-** Datos tomados de los ensayos de dobles en juntas soldadas de acero estructural ASTM A588 (datos observados).

ENSAYO DE DOBLADO GUIADO % DE PROBETAS ACEPTADAS		
ENSAYOS	TIPOS DE CORTES	PROBETAS APROBADAS
5	Frio (sierra)	50 %
5	Arc air	40 %

**FUENTE:** Alex Izurieta

Para lo cual indicaremos las muestras respectivas:

$$n1 = 5 \qquad p1 = 50 \% \qquad q1 = 50 \%$$

$$n2 = 5 \qquad p2 = 40 \% \qquad q2 = 60 \%$$

$\alpha = 5 \%$  obteniendo el siguiente "t" tabulado

Como se analiza para una sola cola la probabilidad dividimos para 1 teniendo

$$P = \frac{0.05}{1} = 0.05$$

Los grados de libertad son

$$gl = n1 + n2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

Con P y gl vamos a la tabla de "t" (ver anexo C) y tenemos

$$"t" \text{ tab}_{(8gl; 0.05)} = 1.86$$

Como se analiza a una sola cola

$$t_{calculado} > -1.86$$



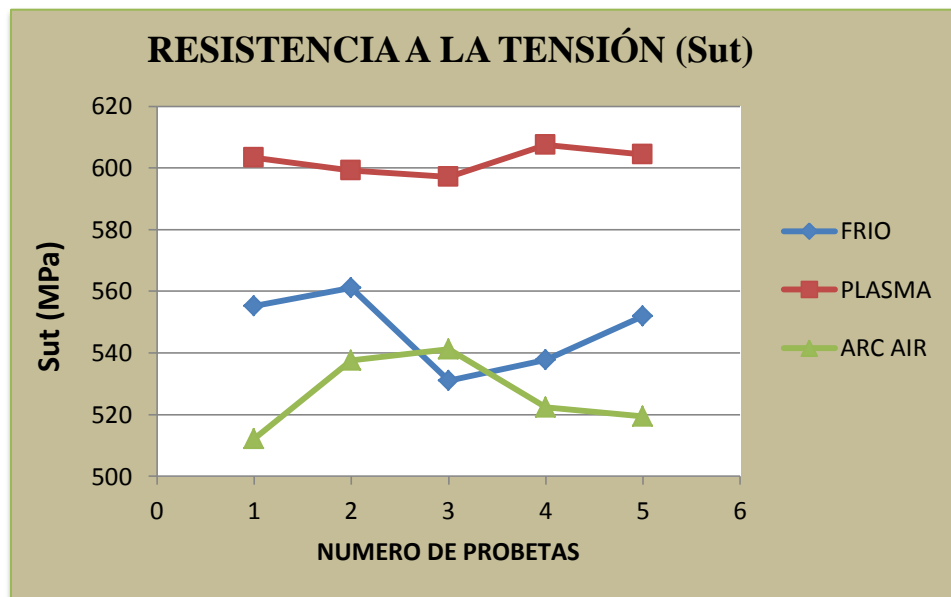
**Regla de decisión:** Se acepta la  $H_a$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma permite mejorar las propiedades mecánicas, si el valor de  $t$  a calcularse es mayor que el valor de - 1.86, caso contrario si el valor es menor se acepta la  $H_o$ , es decir el proceso de corte térmico por plasma no permite mejorar las propiedades mecánicas.

$$S_{p_1-p_2} = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{n_1} + \frac{p_2 \cdot q_2}{n_2}} = \sqrt{\frac{0.5 \cdot 0.5}{5} + \frac{0.4 \cdot 0.6}{5}} = 0.31$$

$$t = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{n_1} + \frac{p_2 \cdot q_2}{n_2}}} = \frac{0.5 - 0.4}{0.31} = 0,32$$

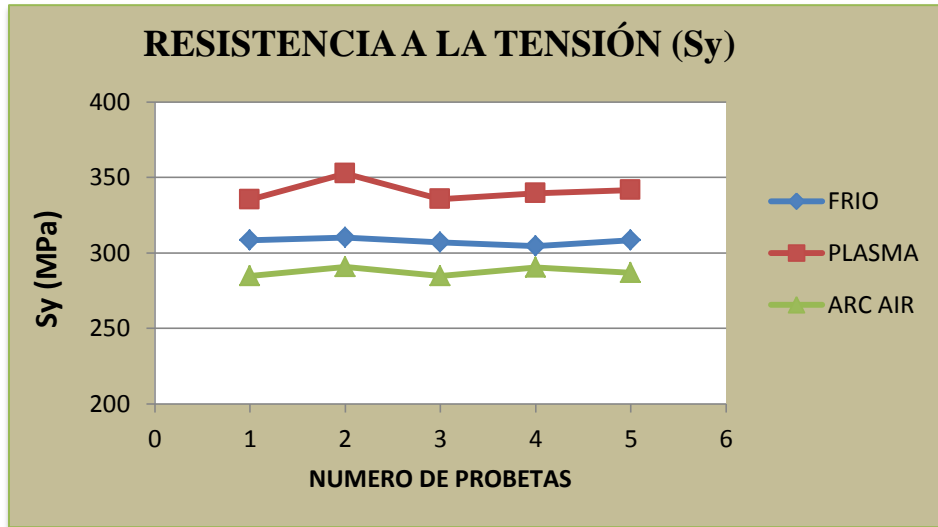
$$t_{calculado} < 1.86$$

Como  $t_{calculado}$  es menor que  $t$  tabulado se rechaza la  $H_a$  es decir el proceso de corte térmico por arc air no permite mejorar las propiedades mecánicas



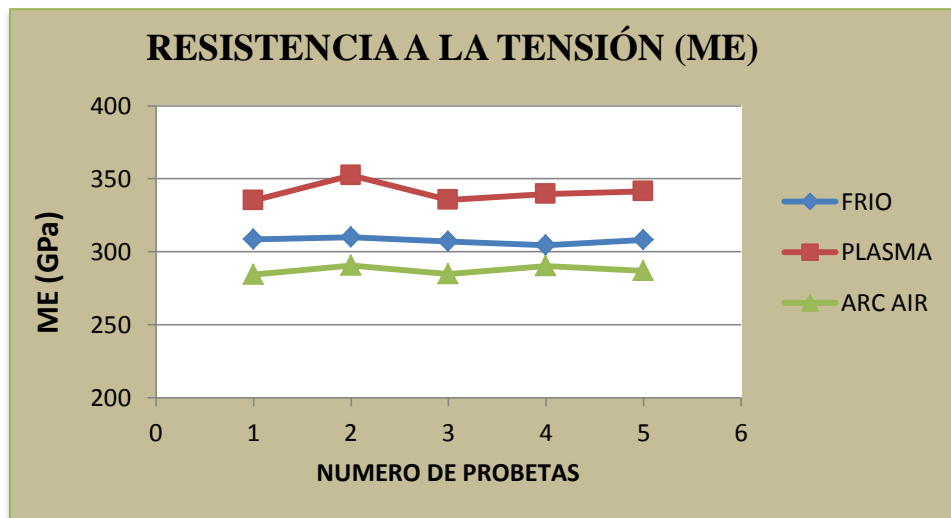
**Figura 4. 21.- Relación de la resistencia a la tensión**  
(FUENTE: Alex Izurieta)

La resistencia de tracción ( $S_u$ ) en juntas soldadas es una parte muy importante para estructuras metálicas. El que mayor tracción soporta en un elemento soldado es con de corte térmico por plasma como se puede observar en la figura 4.21.



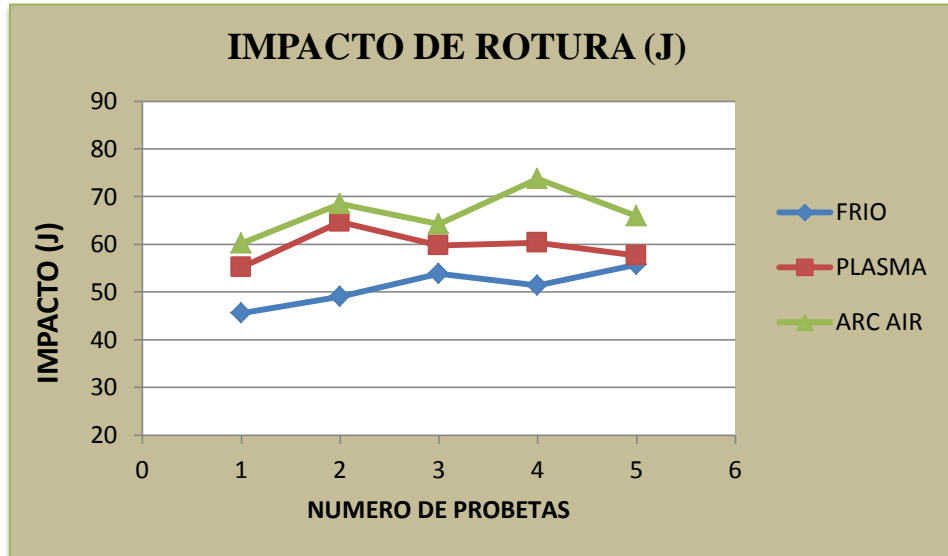
**Figura 4. 22.- Relación de la resistencia a la tensión**  
(FUENTE: Alex Izurieta)

De igual forma la resistencia a la cedencia ( $S_y$ ) toma un valor considerable en juntas soldadas. La que mayor resistencia a la cedencia presenta es el proceso de corte térmico por plasma realizado previo a la suelda como se puede observar en la figura 4.22.



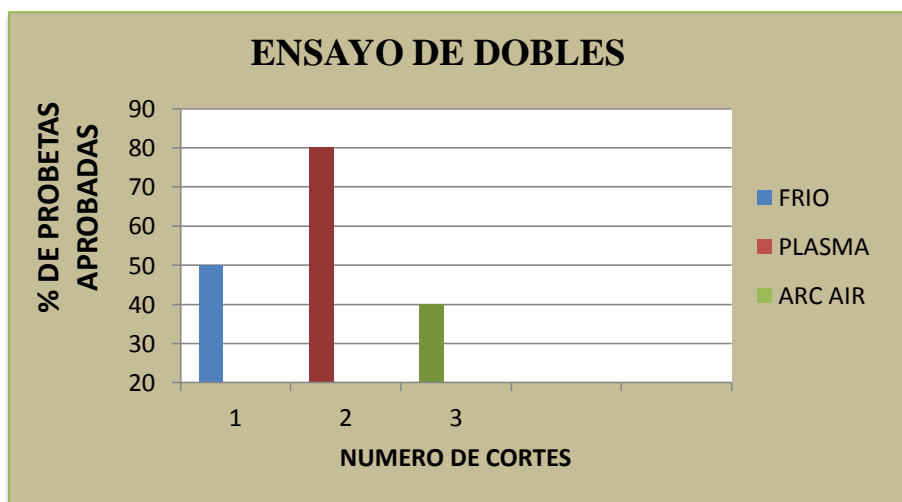
**Figura 4. 23.- Relación de la resistencia a la tensión**  
(FUENTE: Alex Izurieta)

De igual forma el módulo de elasticidad (ME) toma un valor considerable en juntas soldadas. La que mayor módulo de elasticidad presenta es el proceso de corte térmico por plasma realizado previo a la suelda como se puede observar en la figura 4.23.



**Figura 4. 24.- Relación de la resistencia a la rotura**  
(FUENTE: Alex Izurieta)

En los ensayos de impacto podemos determinar que el proceso de corte térmico por arc air realizado previo a la suelda es el que mejor resistencia al impacto ofrece como se puede ver en la fig. 4.24.



**Figura 4. 25.- Relación de la resistencia a la rotura**  
(FUENTE: Alex Izurieta)

En el ensayo de dobles se llegó a determinar que las juntas soldadas posterior al corte al corte térmico por plasma llegan a tener mejores propiedades de ductilidad ya que de 5 probetas ensayadas 4 pasaron la inspección visual como se puede ver en la fig. 4.25

Después de haber realizado los ensayos experimentales de tracción, impacto, doblado guiado, y metalografía a las juntas soldadas posterior a los procesos de corte térmico por plasma y arc air se puede comprobar que las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma presentan mejora en sus propiedades mecánicas y en la resistencia de las juntas soldadas en comparación con el proceso en frío (sierra).

Se pudo observar que en los ensayos de tracción y dobles el proceso de corte térmico por plasma presenta la mejor combinación de propiedades.

En cambio en el ensayo de impacto el proceso de corte térmico por arc air es el que mayor resistencia a la rotura presenta.

Con el análisis anterior se verifica la hipótesis

## CAPÍTULO V

### 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.- CONCLUSIONES

Realizado el estudio de las juntas soldadas posterior a los procesos de corte en frío (sierra), por plasma y por arc air en Acero ASTM A588 y su incidencia en las propiedades mecánicas se concluye lo siguiente:

- Independientemente del proceso de corte, la cantidad de calor que ingresa en el material es inversamente proporcional a la velocidad de corte.
- El proceso de corte en frío (sierra) es el que menor efecto tiene sobre la zona afectada por el calor como es lógico, dejando una superficie plana y sin ningún daño en el material.
- Comparando los dos procesos de corte térmico se concluye que el proceso de corte por plasma es el que menor franja de zona afectada térmicamente produce, dejando una superficie plana una pequeña cantidad de escoria y rebaba, esto se debe a que este proceso de corte maneja velocidades altas como 8 mm/sg. de corte y tiene un arco concentrado debido al diseño de la boquilla.
- El proceso de corte por arc air produce una mayor franja de zona afectada térmicamente dejando una superficie con escoria, rebaba, mordeduras, esto se debe a que maneja velocidades bajas como 3 mm/sg. e irregulares avances manuales del operador.
- La velocidad de enfriamiento depende del espesor del material esto quiere decir que para mayor espesor mayor es la velocidad de enfriamiento.

- Las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) presentan un menor tamaño de grano en el pozo de soldadura, también se puede ver una mayor cantidad de ferrita con 72,7% y perlita con un 27,3 %.
- En cambio en los procesos de corte térmico se puede ver que el corte térmico por plasma tiene un tamaño de grano ASTM 5 en el cordón de soldadura, con 64 % de ferrita y un 36 de perlita, claramente se puede determinar que el proceso de corte por arc air es el que mayor tamaño de grano ASTM 6 y cantidades de 58,7% de perlita y 41,3% de ferrita.
- Los resultados de los ensayos de tracción de las juntas soldadas posterior al proceso de corte por plasma en placas de 12 mm muestran que son las que mayores propiedades presentan con una resistencia a la tracción de 602,29 MPa y una resistencia a la cedencia de 470,56 MPa.
- Los resultados de los ensayos de tracción de las juntas soldadas posterior al proceso de corte por plasma en placas de 20 mm muestran que son las que mayores propiedades presentan con una resistencia a la tracción de 554,46 MPa y una resistencia a la cedencia de 434,59 MPa.
- En el ensayo de impacto las que mayor resistencia a la rotura presentan son las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air con un 66,52 J, con respecto a las juntas soldadas posterior al corte en frio (sierra) que dan un valor de 51,20 J.
- Realizado el ensayo de dobles se llegó a determinar que la mayor cantidad de muestras aprobadas son las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.
- Se determinó que las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma obtuvo mejores resultados en los ensayos de tracción y doblado guiado, en cambio las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air obtuvo mejor resistencia a la rotura en el ensayo de impacto.

## 5.2.-RECOMENDACIONES:

- Todo material a cortar sin importar el proceso que sea se debe limpiar bien la superficie con una grata, para con ello obtener una mejor calidad de corte.
- Utilizar los equipos de seguridad correspondientes para realizar los procesos de corte y soldado.
- Una vez cortado el material se debe dejar que se enfríe a temperatura ambiente caso contrario podríamos alterar las propiedades mecánicas considerablemente y no tendríamos los resultados correctos, tomar en cuenta lo mismo para después de la soldadura.
- En el proceso de soldado se debe realizar una limpieza con una grata después de cada pasada con ello evitaremos presencia de escoria, llegando a tener una penetración correcta
- Para la obtención de las probetas que se ensayarán a impacto tener cuidado de no recalentarlas demasiado, ya que podrían cristalizarse y llegar a ser muy frágiles lo que nos llevaría a obtener valores poco precisos.
- Para el análisis microestructural se debe obtener una probeta totalmente lisa caso contrario observaríamos rayas en el microscopio.
- Tener mucho cuidado en el momento de realizar el ataque químico ya que podríamos quemar la muestra en caso de dejar mucho tiempo el reactivo.
- Al realizar los ensayos de tracción tener cuidado en el agarre de las mordazas ya que se puede resbalar la probeta.
- Al momento de soldar tener en cuenta que la placa se llega a doblar por el calentamiento que produce la suelda, se debe anclar bien los extremos de la placa.
- Se recomienda la realización de un procedimiento para realizar el corte y soldado del acero estructural ASTM A 588

## **CAPÍTULO VI**

### **6.- PROPUESTA.**

#### **6.1.- DATOS INFORMATIVOS.**

Concluido el estudio de las juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico por plasma y arc air en el acero ASTM A588 se ha llegado a determinar que se obtiene mejores propiedades mecánicas en los ensayos de tracción y dobles con el proceso de corte por plasma, por otro lado el proceso de corte térmico por arc air presenta mejor resistencia al impacto.

Con el presente estudio se busca proporcionar una fuente investigativa clara y precisa, a la Ingeniería Mecánica sobre todo a la industria metalmecánica, debido a que se ha llegado a determinar el proceso de corte térmico es más adecuado para trabajar con acero ASTM A588, lo cual llegara a levantar el interés de estudiantes, y personas involucradas con la metalmecánica para realizar posteriores investigaciones y proyectos.

Los respectivos ensayos destructivos se realizarón en los laboratorios de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua; entre los equipos utilizados para la realización del presente proyecto fuerón: Maquina Universal de 30 Tn de capacidad, bancos de lijas, pulidora de paño, microscopio, péndulo para ensayo de impacto, matriz para ensayo de dobles, gracias a mencionados equipos se pudo lograr culminar con la investigación planteada.



## **6.2.- ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

En el proceso de fabricación de puentes metálicos con acero ASTM A588 existen muchas investigaciones realizadas del análisis de los procesos de soldadura para dicho material, pero no existe un análisis de un paso anterior a la soldadura que es el corte como es el caso de la presente investigación. En el proceso de corte térmico existe una alteración de las propiedades del material debido a la temperatura que manejan, lo cual no ha sido tomado en cuenta anteriormente.

Una vez realizado el proyecto se ha determinado que el corte térmico por plasma es el que genera mejores propiedades mecánicas.

## **6.3.- JUSTIFICACIÓN**

El proceso de corte térmico por plasma previo a la soldadura nos indica que no influye negativamente al contrario genera un mejoramiento en las propiedades mecánicas de una junta soldada permitiendo alcanzar mejores características de resistencia a la tracción y al dobles, lo cual contribuye a mejorar la eficiencia en la construcción de puentes metálicos.

En los últimos años la obra civil ha ido en constante crecimiento por lo cual se ha construido una gran cantidad de puentes metálicos en el país, lo cual conlleva un mayor compromiso para garantizar la seguridad de cientos de personas, es por ello que la industria metalmeccánica se ve en la necesidad de ir en constante mejoramiento, esto se llega a lograr con el progreso de sus procesos de construcción como lo es uno de ellos el corte del material, para con ello aumentar la resistencia y poder soportar las cargas a las que están sometidos y así llegar a disminuir altos costos de mantenimiento.

También se busca proporcionar una guía para realizar ensayos en juntas soldadas posteriores a los procesos de corte térmico, la cual será de mucha ayuda para estudiantes interesados en la construcción de puentes metálicos y así puedan generar nuevos proyectos investigativos en el área de materiales.

## **6.4.- OBJETIVOS**

### **6.4.1.- GENERAL**

- Realizar un procedimiento para realizar ensayos destructivos en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588

### **6.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la resistencia a la tracción, impacto y dobles en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.
- Determinar la microestructura en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588.
- Realizar los procedimientos de los ensayos de tracción, impacto, dobles y el análisis de la microestructura.

## **6.5.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

El presente análisis es factible de realizarlo ya que el material podemos conseguirlo fácilmente gracias a las facilidades que nos brindan las empresas que construyen puentes metálicos específicamente STEEL ESTRUCTURAS ubicado en la ciudad de Latacunga proporcionándonos materia prima, mano de obra (soldadores calificados), equipos necesarios para la realización del presente proyecto, además existe la información necesaria de normas internacionales , libros y proyectos relacionados con los procesos de corte y soldadura.

Además se cuenta con los laboratorios de materiales de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica donde se dispone de los equipos necesarios y herramientas para la realización del presente análisis entre ellos: maquina universal para ensayos de tracción y dobles, péndulo para el ensayo de impacto, banco de lijas, pulidora de paño y microscopio para ensayo metalográfico, y el recurso humano para el proyecto es el Tutor, el Autor y los ayudantes de los laboratorios que asistieron con las herramientas necesarias para realizar los ensayos.

## 6.6.- FUNDAMENTACIÓN.

La fundamentación adquirida en el capítulo II y con la ayuda de normas internacionales ASTM se proviene a los cálculos en donde se encuentran las formulas correspondientes para obtener los resultados de los ensayos de tracción, impacto, dobles y metalografía en juntas soldadas

Los cálculos realizados para los ensayos de juntas soldadas posterior a los procesos de corte térmico, en acero ASTM A588 se enfocan en el siguiente orden para una mejor interpretación de los resultados.

### 6.6.1.- CÁLCULOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN.

Para los ensayos a tracción se utilizó como guía la norma ASTM E8, se realizó dos análisis para placas de 12 mm y 20 mm

#### Datos para espesor de 12 mm:

Probeta: 4

Tipo de corte térmico: Plasma

Longitud inicial calibrada: 57,15 mm

Espesor inicial: 12 mm

**Tabla 6. 1.-** Datos registrados en el ensayo de tracción en placas de 12 mm.

<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
<b>Carga Máxima (Pmax)</b>	18896,1 Kg	<b>Deformación máxima</b>	5,85 mm
<b>Longitud inicial (Lo)</b>	57,15 mm	<b>Longitud final (Lf)</b>	63 mm
<b>Espesor inicial (Eo)</b>	12 mm	<b>Espesor final (Ef)</b>	9 mm
<b>Ancho inicial (Xo)</b>	25,4 mm	<b>Ancho final (Xf)</b>	20 mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

Área inicial.

$$A_o = E_o * X_o \quad \text{EC. 6.1}$$

**En donde:**

$A_o$  = Área inicial ( $mm^2$ )

$E_o$  = Espesor inicial (mm)

$X_o$  = Ancho inicial (mm)

$A_o = 12 \text{ mm} * 25,4 \text{ mm}$

$$A_o = 304,8 \text{ mm}^2$$

Área final.

$$A_f = E_f * X_f \quad \text{EC. 6.2}$$

**En donde:**

$A_f$  = Área final ( $mm^2$ )

$E_f$  = Espesor final (mm)

$X_f$  = Ancho final (mm)

$$A_f = 9 \text{ mm} * 20 \text{ mm}$$

$$A_f = 180 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo ultimo a la tracción

$$S_{ut} = \frac{P_{max}}{A_o} \quad \text{EC. 6.3}$$

**En donde:**

$S_{ut}$  = Esfuerzo ultimo a la tracción ( $Kg/mm^2$ )

$P_{max}$  = Carga máxima (Kg)

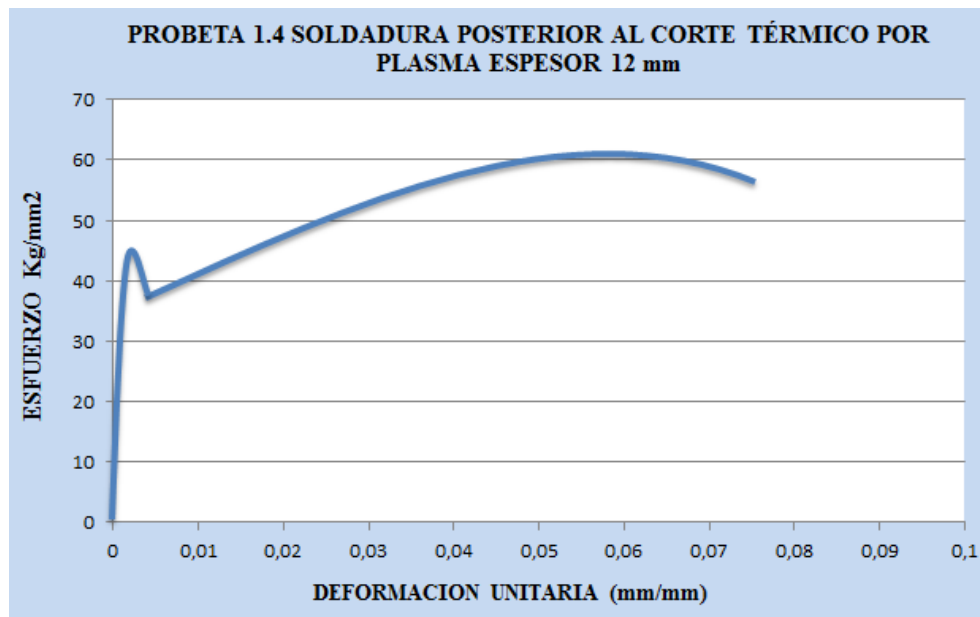
$A_o$  = Área inicial ( $mm^2$ )

$$S_{ut} = \frac{18896,1}{304,8}$$

$$S_{ut} = 61,99 \text{ Kg/mm}^2$$

### 6.6.1.2.- Cálculo de la Resistencia a la Cedencia

El esfuerzo de cedencia es donde termina la porción lineal, realizando un desplazamiento del origen de la curva una cantidad específica de deformación que normalmente es de 0.001 o 0.002 mm (0.1 o 0.2 en X) %. En este caso fue en 0,0018 mm



**Figura 6. 1.-** Proceso para encontrar la resistencia a la cedencia al 0.18%, desplazando del origen en la probeta 1.4 en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en placa de 12 mm de acero ASTM A588.

(FUENTE: Alex Izurieta).

En la figura 6.1 se puede observar que la resistencia a la cedencia tiene un valor aproximado de 47,66 Kg/mm<sup>2</sup>.

### 6.6.1.3.- Cálculo del porcentaje de elongación

$$\%El = \left( \frac{l_f - l_o}{l_o} \right) * 100 \quad \text{EC. 6.4}$$

**En donde:**

$\%El$  = Porcentaje de elongación (%)

$l_o$  = longitud inicial (mm)

$l_f$  = Longitud final (mm)

$$\%El = \left( \frac{63 - 57,15}{57,15} \right) * 100$$

$$\%El = 10,24 \%$$

### 6.6.1.4.- Cálculo del porcentaje de reducción de área

$$\%AR = \left( \frac{A_o - A_f}{A_o} \right) * 100 \quad \text{EC. 6.5}$$

**En donde:**

$\%AR$  = Porcentaje de reducción de área (%)

$A_o$  = Área inicial (mm)

$A_f$  = Área final (mm)

$$\%AR = \left( \frac{304,8 - 180}{304,8} \right) * 100$$

$$\%AR = 37,99 \%$$

### 6.6.1.5.- Cálculo del Módulo de Young.

El módulo de Young se calculó basándose en la norma ASTM E111:10

El módulo de elasticidad o también conocido como el módulo de Young, es aquel que nos ayuda a calcular los cambios dimensionales en una construcción para poder distinguir entre el esfuerzo y la deformación.

Para ello se utiliza el siguiente análisis:

Y = tensión axial aplicada

X = deformación correspondiente.

En términos de la  $P_i$  carga medida y de la medición original transversal área  $A_o$  y longitud  $l_o$  inicial.

K = número de X, Y

El módulo de Young es,

$$E = \frac{(\sum(XY) - K\bar{X}\bar{Y})}{(\sum X^2 - K\bar{X}^2)}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{K} = \text{media de los valores de Y}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{K} = \text{media de los valores de X}$$

O también se puede calcular con:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad \text{EC. 6.6}$$

En donde:

E = Módulo de elasticidad (Kg/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Esfuerzo (Kg/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Elongación (mm)

$$E = \frac{61,99}{0,0018}$$

$$E = 34631,28 \text{ Kg/mm}^2$$

**Datos para espesor de 20 mm:**

Probeta: 4

Tipo de corte térmico: Plasma

Longitud inicial calibrada: 57,15 mm

Espesor inicial: 20 mm

**Tabla 6. 2.-** Datos registrados en el ensayo de tracción en placas de 20 mm.

<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
<b>Carga Máxima (Pmax)</b>	29183,7 Kg	<b>Deformación máxima</b>	5,85 mm
<b>Longitud inicial (Lo)</b>	57,15 mm	<b>Longitud final (Lf)</b>	63 mm
<b>Espesor inicial (Eo)</b>	20 mm	<b>Espesor final (Ef)</b>	17,7 mm
<b>Ancho inicial (Xo)</b>	25,4 mm	<b>Ancho final (Xf)</b>	21 mm

(FUENTE: Alex Izurieta)

Área inicial de la ecuación 6.1

$$A_o = E_o * X_o$$

$$A_o = 20 \text{ mm} * 25,4 \text{ mm}$$

$$A_o = 508 \text{ mm}^2$$

Área final de la ecuación 6.2

$$A_f = E_f * X_f$$



$$A_f = 17,7 \text{ mm} * 21 \text{ mm}$$

$$A_f = 371,7 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo ultimo a la tracción de la ecuación 6.3

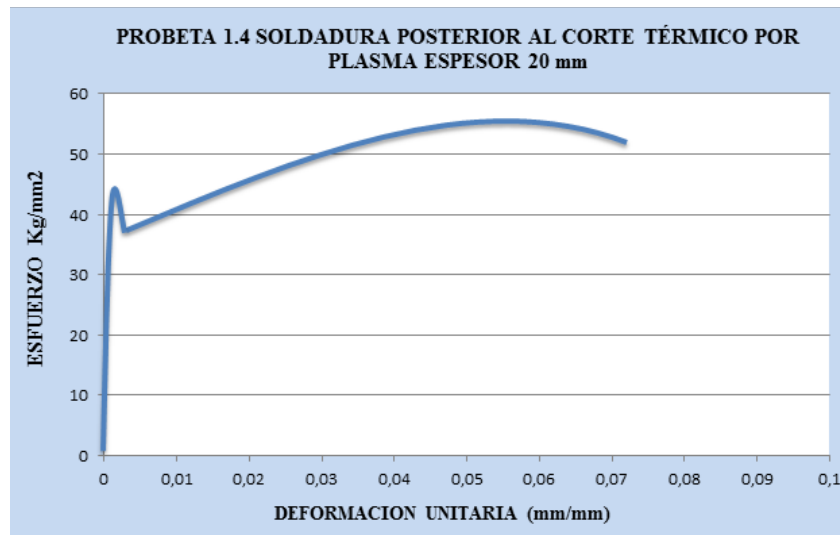
$$S_{ut} = \frac{P_{max}}{A_o}$$

$$S_{ut} = \frac{29183,7}{508}$$

$$S_{ut} = 57,45 \text{ Kg/mm}^2$$

#### 6.6.1.6.- Cálculo de la Resistencia a la Cedencia

El esfuerzo de cedencia es donde termina la porción lineal, realizando un desplazamiento del origen de la curva una cantidad específica de deformación que normalmente es de 0.001 o 0.002 mm (0.1 o 0.2 en X) %. En este caso fue en 0,0018 mm



**Figura 6. 2.-** Proceso para encontrar la resistencia a la cedencia al 0.18%, desplazando del origen en la probeta 1.4 en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en placa de 20 mm de acero ASTM A588.

(FUENTE: Alex Izurieta).

En la figura 6.2 se puede observar que la resistencia a la tracción tiene un valor aproximado de 45,18 Kg/mm<sup>2</sup>.

#### 6.6.1.7.- Cálculo del porcentaje de elongación con la ecuación 6.4

$$\%El = \left( \frac{l_f - l_o}{l_o} \right) * 100$$

$$\%El = \left( \frac{63 - 57,15}{57,15} \right) * 100$$

$$\%El = 10,24 \%$$

#### 6.6.1.8.- Cálculo del porcentaje de reducción de área con la ecuación 6.5

$$\%AR = \left( \frac{A_o - A_f}{A_o} \right) * 100$$

$$\%AR = \left( \frac{508 - 371,7}{508} \right) * 100$$

$$\%AR = 26,83 \%$$

#### 6.6.1.9.- Cálculo del Módulo de Young.

El módulo de Young se calculó basándose en la norma ASTM E111:10

El módulo de elasticidad o también conocido como el módulo de Young, es aquel que nos ayuda a calcular los cambios dimensionales en una construcción para poder distinguir entre el esfuerzo y la deformación.

Para ello se utiliza el siguiente análisis:

Y = tensión axial aplicada

X = deformación correspondiente.

K = número de X, Y

El módulo de Young es,

$$E = \frac{(\sum(XY) - KX\bar{Y})}{(\sum X^2 - KX^2)}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{K} = \text{media de los valores de } Y$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{K} = \text{media de los valores de } X$$

O también se puede calcular con la ecuación 6.6:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{57,45}{0,0018}$$

$$E = 31915,68 \text{ Kg/mm}^2$$

### 6.6.2.- ENSAYO DE IMPACTO.

El análisis de impacto se facilitó con la ayuda de la norma ASTM E-23 para Muesca de pruebas de impacto de los materiales metálicos.

**Tabla 6.3** Resultados del ensayo de impacto para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por arc air de acero ASTM A588

PROBETAS	ENERGIA DE IMPACTO (JOULES)
1	60,2
2	68,5
3	64,3
4	73,7
5	65,9
<b>PROMEDIO</b>	<b>66,52</b>

**FUENTE:** (Alex Izurieta)

### 6.6.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.

El ensayo de dobles se facilitó con la ayuda de la norma ASTM E-190.

**Tabla 6.4** Resultados del ensayo de dobles para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en placas de 12 mm de acero ASTM A588

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA E=12mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna grieta, ni tampoco discontinuidades que se puedan observar visualmente	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura uniforme, no se puede apreciar ninguna falla.	<b>APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, como se puede observar en la figura. Cordón de soldadura uniforme, no presenta discontinuidades, tampoco aberturas	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** (Alex Izurieta)

**Tabla 6.5** Resultados del ensayo de dobles para las juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en placas de 20 mm de acero ASTM A588

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA</b>		
<b>E=20mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No se puede ver ninguna discontinuidad, tampoco aberturas.	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo	<b>NO APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. Cordón de soldadura sin ninguna abertura ni discontinuidades	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No presenta ninguna abertura, cordón uniforme, no se puede ver ninguna discontinuidad	<b>APRUEBA</b>

**FUENTE:** (Alex Izurieta)

## **6.6.4.- CÁLCULOS DEL ENSAYO METALOGRAFICO.**

### **6.6.4.1.- Determinación del Tamaño de Grano**

El tamaño de grano fue determinado con la ayuda de la norma ASTM E-112:96 utilizando el método planimétrico.

#### **En el depósito de soldadura de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588**

Contando los granos a una magnificación de 200X se obtuvo que:

Granos interiores  $N_i = 20$

Granos interceptados  $N_{int} = 8$

$f$  = Factor de la norma según la amplificación del microscopio

$$NA = f \left( N_i + \frac{N_{int}}{2} \right)$$

$f = 8$  por jeffries (200x)

$$NA = 8 \left( 20 + \frac{8}{2} \right)$$

$$NA = 8 * 24 = 192$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(192) - 2,954$$

$$G = 4,63 = 5$$

El tamaño de grano ASTM es de 4,63

#### **En la Zona Térmicamente Afectada de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588**

A 200x

Granos interiores  $N_i = 16$

Granos interceptados  $N_{int} = 8$

$$NA = f \left( N_i + \frac{N_{int}}{2} \right)$$

$f = 8$  por jeffries (200x)

$$NA = 8 \left( 16 + \frac{8}{2} \right)$$

$$NA = 8 * 20 = 160$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(160) - 2,954$$

$$G = 4,368 = 4$$

El tamaño de grano ASTM es de 4,368

**En el metal base de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero  
ASTM A588**

A 200x

Granos interiores  $N_i = 7$

Granos interceptados  $N_{int} = 4$

$$NA = f \left( N_i + \frac{N_{int}}{2} \right)$$

$f = 8$  por jeffries (200x)

$$NA = 8 \left( 7 + \frac{4}{2} \right)$$

$$NA = 8 * 9 = 72$$

$$G = 3,321918 * \log NA - 2,954$$

$$G = 3,321918 * \log(72) - 2,954$$

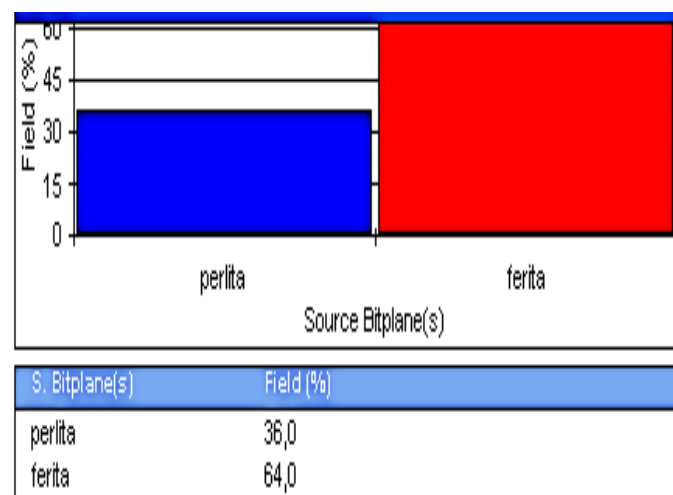
$$G = 3,215 = 3$$

El tamaño de grano ASTM es de 3,215

#### 6.6.4.2.- Determinación del porcentaje de los componentes microestructurales

##### Cordón de soldadura.

Componentes microestructurales en el cordón de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en el acero ASTM A588.



**Figura 6. 3.-** Componentes microestructurales en el cordón de soldadura en junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.

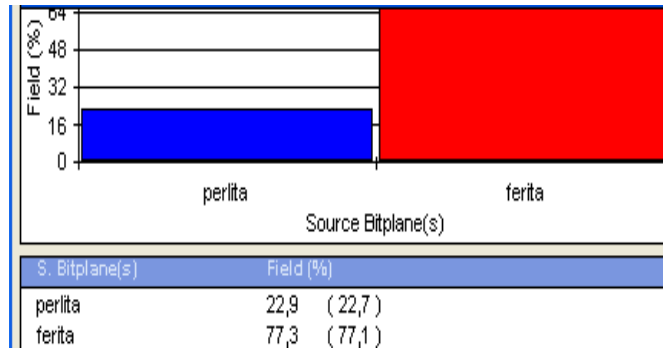
(FUENTE: Alex Izurieta).

En la figura 6.3 podemos observar los componentes microestructurales en el cordón de soldadura de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 con porcentajes de 36 % de perlita y 64 % de ferrita.

##### Metal base.

Componentes microestructurales en el metal base de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en el acero ASTM A588.





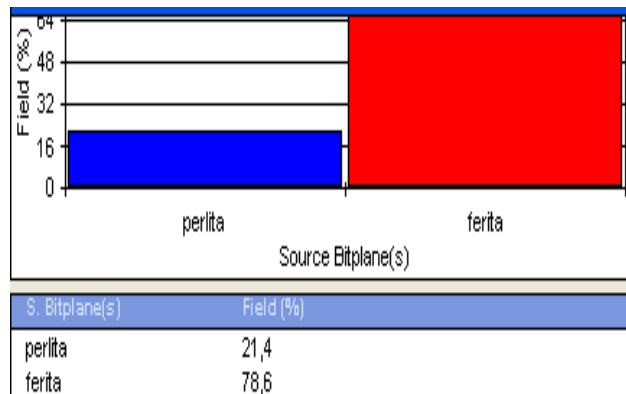
**Figura 6. 4.-** Componentes microestructurales en el metal base en una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.

(FUENTE: Alex Izurieta).

En la figura 6.4 podemos observar los componentes microestructurales en el metal base de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 con porcentajes de 22,9 % de perlita y 77,3 % de ferrita

**Zona térmicamente afectada (ZAT).**

Componentes microestructurales en la zona térmicamente afectada de la junta soldada posterior al corte térmico por plasma en el acero ASTM A588.





**Figura 6. 5.-** Componentes microestructurales en la zona térmicamente afectada en una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.



(FUENTE: Alex Izurieta).

En la figura 6.4 podemos observar los componentes microestructurales en la zona térmicamente afectada de una junta soldada posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 con porcentajes de 21,4% de perlita y 78,6 % de ferrita.

## 6.7.- METODOLOGÍA.

### 6.7.1.- ENSAYO DE TRACCIÓN.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b>	
<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez
<p><b>1.- OBJETIVO.</b></p> <p>Determinar las Propiedades Mecánicas de Tracción de juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p><b>2.- ALCANCE.</b></p> <p>Este procedimiento sirve para realizar el ensayo de Tracción de una junta soldada a tope posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.</p> <p><b>3.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.</b></p> <p>Para la realización de este análisis se utilizaron las siguientes normas internacionales.</p> <p>ASTM E 8:04: Que se refiere a Métodos para Ensayos Mecánicos de Soldadura, Ensayo de Tracción.</p> <p>E 111:97: Esta se refiere a la determinación de Módulo de Young.</p> <p>AWS B4.0:2007, Métodos para Ensayos Mecánicos de Soldadura.</p>		

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b>	
<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez
<p><b>4.- GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>Para obtener las Propiedades Mecánicas se realizó el ensayo de Tracción de juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p>El cual nos ayuda a obtener resultados de resistencia a la tracción (Sut), resistencia a la cedencia (Sy), porcentaje de elongación (%E), porcentaje de reducción de área (%RA), y módulo de elasticidad (E). En este caso particular se realizó el ensayo en juntas soldadas a tope posterior al proceso de corte térmico por plasma en acero ASTM A588.</p> <p><b>5.- PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Para realizar el ensayo de tracción en las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma se efectuó los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adquisición del material</li> <li>➤ Corte térmico por plasma</li> <li>➤ Preparación de la junta a soldar</li> <li>➤ Proceso de soldado</li> <li>➤ Pulido del cordón de soldadura hasta el metal base</li> <li>➤ Obtención de probetas mediante plasma CNC según dimensiones de la norma ASTM E8</li> <li>➤ Realización del ensayo de tracción</li> <li>➤ Evaluación de resultados</li> </ul>		



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ET-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

### **5.1.- ADQUISICIÓN DEL MATERIAL.**

Muestra de acero estructural ASTM A588 como viene de fabrica



**Figura 6. 6.-** Placas de acero ASTM A588

**FUENTE:** Alex Izurieta

#### **5.1.1.- CORTE TÉRMICO POR PLASMA CNC.**



**Figura 6. 7.-** Corte con plasma CNC

**FUENTE:** Alex Izurieta



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

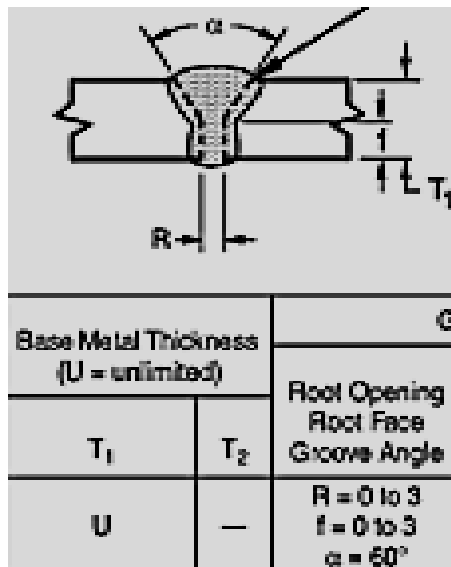


**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

**5.1.2.- PREPARACIÓN DE LA JUNTA A SER SOLDADA.**

La preparación del bisel a tope se realizó con la amoladora disco cubitrón que es para biselados, se efectuó de acuerdo a la norma AWS D1.5 para diferentes espesores (12 y 20 mm).



**Figura 6. 8.- Biselado de acuerdo a la norma AWS D1.5**

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588

Código: PR-ET-01

Fecha de elaboración: 28-11-2014

Revisión: xx

Elaborado por:  
Alex Izurieta

Revisado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Aprobado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

### 5.1.3.- PROCESO DE SOLDADO

El proceso utilizado fue FCAW como establece la norma AWS D1.5 para acero ASTM A588



Figura 6. 9.- Equipo de soldadura FCAW

FUENTE: Alex Izurieta



Figura 6. 10.- Proceso de soldado FCAW

FUENTE: Alex Izurieta

Limpieza del cordón de después de cada pasada para una mejor penetración

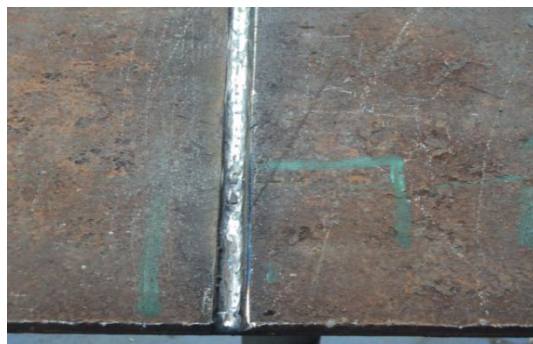


Figura 6. 11.- Pulido del cordón después de cada pasada

FUENTE: Alex Izurieta



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



Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588

Código: PR-ET-01

Fecha de elaboración: 28-11-2014

Revisión: xx

Elaborado por:  
Alex Izurieta

Revisado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Aprobado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

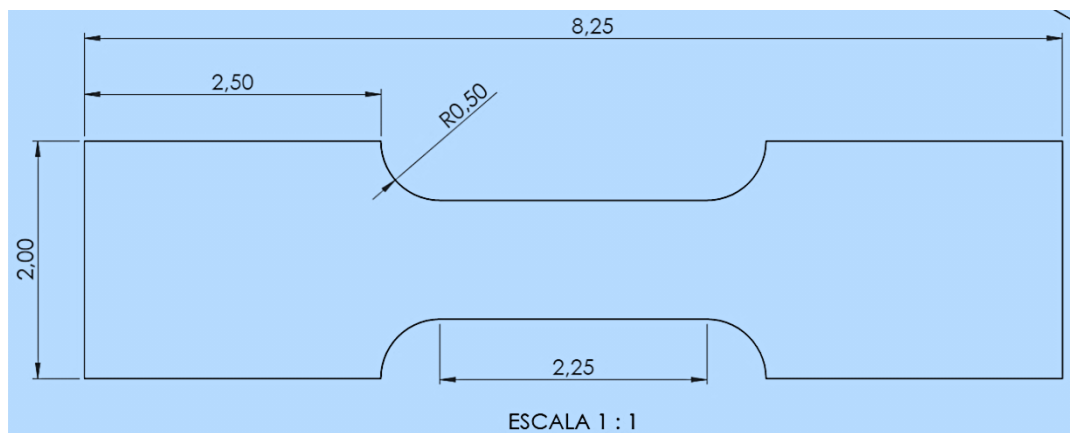
### 5.1.4.- PULIDO DEL CORDÓN DE SOLDADURA HASTA EL MATERIAL BASE



**Figura 6. 12.-** Pulido del cordón hasta el material base

**FUENTE:** Alex Izurieta

Dimensiones de corte de las probetas para el ensayo de tracción según la norma ASTM E8



**FUENTE:** Alex Izurieta



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



Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588

Código: PR-ET-01

Fecha de elaboración: 28-11-2014

Revisión: xx

Elaborado por:  
Alex Izurieta

Revisado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Aprobado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

### 5.1.5.- OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS MEDIANTE PLASMA CNC

Las probetas se obtuvieron mediante una plasma CNC de acuerdo a las medidas de la norma ASTM E8.



**Figura 6. 14.-** Corte por plasma CNC de probetas para el ensayo de tracción  
**FUENTE:** Alex Izurieta

Probetas de 12 y 20 mm de espesor listas para el ensayo de tracción.



**Figura 6. 15.-** Probetas de 12 y 20 mm para el ensayo de tracción

**FUENTE:** Alex Izurieta





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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ET-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

### 5.1.6.- PROCESO DE ENSAYO DE TRACCIÓN

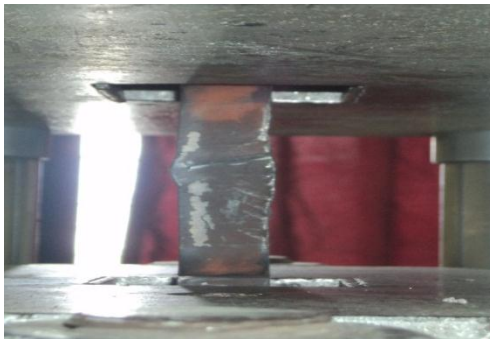
El ensayo a tracción se realizó en la maquina universal con capacidad de 30 Tn.



**Figura 6. 16.-** Colocación de la probeta para el ensayo de tracción

**FUENTE:** Alex Izurieta

Probetas de 12 y 20 mm de espesor durante el ensayo de tracción.



**Figura 6. 17.-** Probetas durante el ensayo de tracción.

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ET-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

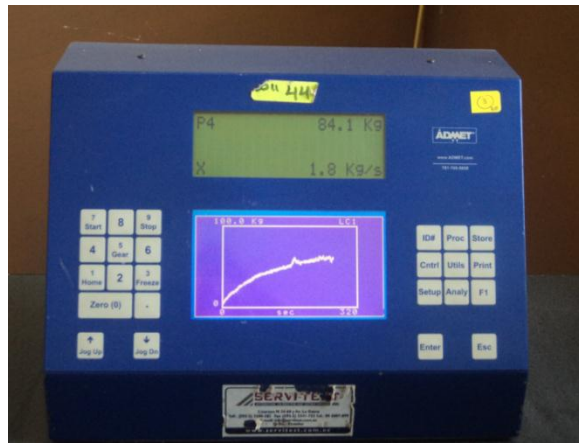
**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Monitor de la máquina universal que nos arroja los resultados de cargas a medida que se deforma la probeta.



**Figura 6. 18.-** Monitor máquina universal

**FUENTE:** Alex Izurieta

Rotura de la probeta durante el ensayo de tracción



**Figura 6. 19.-** Probeta rota en el ensayo de tracción

**FUENTE:** Alex Izurieta

	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p><b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b></p>	
<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

Probeta después del ensayo de tracción



**Figura 6. 20.-** Probeta rota después del ensayo de tracción

**FUENTE:** Alex Izurieta

### 5.1.7.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Una vez que las probetas se rompen se procede a tomar las medidas finales, ya que durante el ensayo de tracción sufren cambios en su geometría.



**Figura 6.21.-** Probetas rotas para toma de medidas

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

Con las medidas iniciales, finales y la carga a la rotura se realiza la obtención de resultados.

**Tabla 6. 6.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 12 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma.

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA ESPESOR 12 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	603,39	478,34	11,99	36,64	335,21
<b>Ensayo 2</b>	599,17	472,46	15,49	38,63	352,44
<b>Ensayo 3</b>	597,02	461,87	13,74	35,76	335,4
<b>Ensayo 4</b>	607,5	467,07	10,24	37,99	339,39
<b>Ensayo 5</b>	604,37	473,05	14,61	39,37	341,45
<b>Promedio</b>	<b>602,29</b>	<b>470,56</b>	<b>13,214</b>	<b>37,678</b>	<b>340,78</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

<b>Código:</b> PR-ET-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

**Tabla 6. 7.-** Datos obtenidos en los ensayos de tracción en Acero estructural ASTM A588 de espesor 20 mm en juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma

<b>JUNTA SOLDADA POSTERIOR AL CORTE TÉRMICO POR PLASMA ESPESOR 20 mm</b>					
<b>Probetas</b>	<b>Sut MPa</b>	<b>Sy MPa</b>	<b>% de Elongación</b>	<b>% de reducción de aérea</b>	<b>Módulo elástico GPa</b>
<b>Ensayo 1</b>	551,64	434,63	8,49	24,21	306,46
<b>Ensayo 2</b>	556,35	430,91	10,23	26,42	309,11
<b>Ensayo 3</b>	554,58	432,47	11,99	25,51	308,15
<b>Ensayo 4</b>	563,01	442,76	10,24	26,83	312,77
<b>Ensayo 5</b>	546,74	432,18	13,74	32,28	303,74
<b>Promedio</b>	<b>554,46</b>	<b>434,59</b>	<b>10,938</b>	<b>27,05</b>	<b>308,04</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



Procedimiento para Realizar el Ensayo de Tracción de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588

Código: PR-ET-01

Fecha de elaboración: 28-11-2014

Revisión: xx

Elaborado por:  
Alex Izurieta

Revisado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Aprobado por:  
Ing. Mg. Cristian Pérez

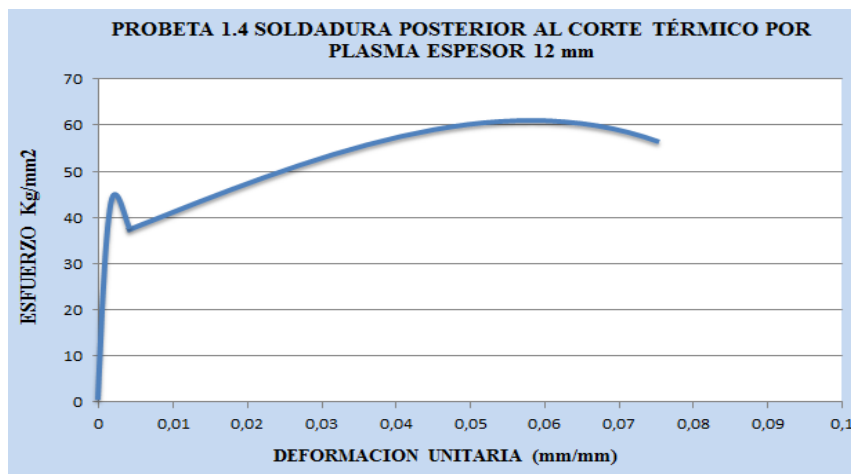


Figura 6. 22.- Grafico Esfuerzo-Deformación placas de 12 mm

FUENTE: Alex Izurieta

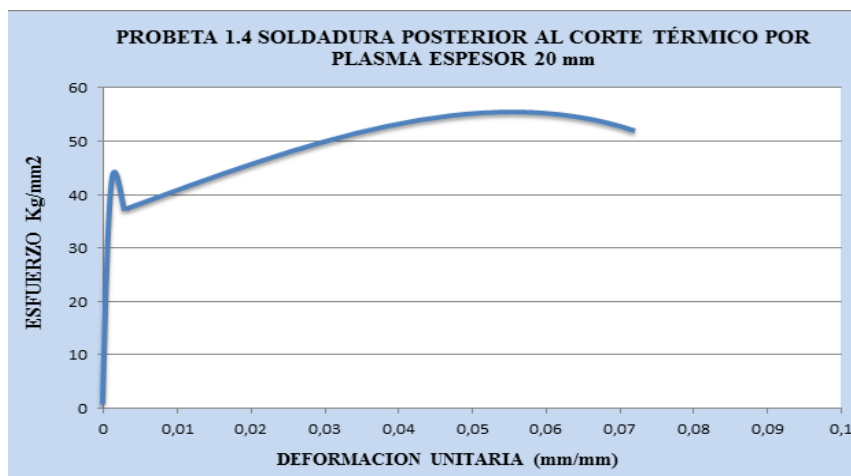




Figura 6. 23.- Grafico Esfuerzo-Deformación placas de 20 mm

FUENTE: Alex Izurieta

## 6.7.2.- ENSAYO DE IMPACTO.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y</b> <b>MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>  <b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b>	
<b>Código: PR-EI-01</b>	<b>Fecha de elaboración: 28-11-2014</b>	<b>Revisión: xx</b>
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez
<p><b>1.- OBJETIVO.</b></p> <p>Realizar el ensayo de Impacto en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p><b>2.- ALCANCE.</b></p> <p>Este procedimiento sirve para realizar el ensayo de Impacto de una junta soldada a tope posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.</p> <p><b>3.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.</b></p> <p>Para la realización de este análisis se utilizó la siguiente norma internacional.</p> <p>ASTM E 23 Que se refiere a Métodos de prueba estándar para muesca de pruebas de impacto</p> <p><b>4.- GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>Para obtener la Resistencia a la rotura se realizó el ensayo de Impacto de juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p>El cual nos ayuda a obtener resultados de resistencia a la rotura si es frágil o dúctil mediante la aplicación de una fuerza directa.</p>		

	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p><b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b></p>	
<b>Código:</b> PR-EI-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

## 5.- PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo de impacto en las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 se efectuó los siguientes pasos:

- Preparación de las probetas a ensayar
- Realización del ensayo de impacto
- Evaluación de resultados

### 5.1.- PREPARACIÓN DE LA PROBETA.

De las placas ya soldadas se procede pulir la superficie como indica la norma



**Figura 6. 24.-** Pulido de la superficie

**FUENTE:** Alex Izurieta



**Figura 6. 25.-** Superficie pulida

**FUENTE:** Alex Izurieta





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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

<b>Código:</b> PR-EI-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

Corte en plasma CNC de las probetas para el ensayo de Impacto.



**Figura 6. 26.-** Obtención de las probetas en plasma CNC

**FUENTE:** Alex Izurieta

Corte a sierra de la muesca según la norma ASTM E23



**Figura 6. 27.-** Probetas para ensayo de Impacto

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EI-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Probetas listas para el ensayo de Impacto



**Figura 6. 28.-** Probetas para ensayo de Impacto

**FUENTE:** Alex Izurieta

## **5.2.- REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE IMPACTO.**

Péndulo para el ensayo de Impacto



**Figura 6. 29.-** Ensayo de Impacto

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EI-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Colocación de la probeta en el péndulo para realizar el ensayo de Impacto



**Figura 6. 30.-** Ubicación de la probeta en el péndulo

**FUENTE:** Alex Izurieta

Probeta después del ensayo de Impacto



**Figura 6. 31.-** Probeta después del ensayo de Impacto

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Impacto de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ET-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

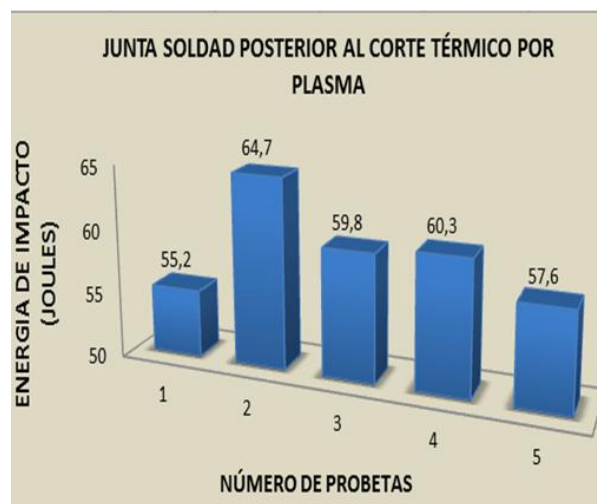
**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

### 5.3.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

**Tabla 6. 8.-** Datos obtenidos en los ensayos de Impacto en Acero estructural ASTM A588

N.- de probetas	Energía Impacto (J)
1	55,2
2	64,7
3	59,8
4	60,3
5	57,6
<b>Promedio</b>	<b>59,52</b>



**FUENTE:** Alex Izurieta



**Figura 6. 32.-** Resultados del ensayo de Impacto

**FUENTE:** Alex Izurieta

### 6.7.3.- ENSAYO DE DOBLADO GUIADO.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b>	
<b>Código: PR-ED-01</b>	<b>Fecha de elaboración: 28-11-2014</b>	<b>Revisión: xx</b>
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez
<p><b>1.- OBJETIVO.</b></p> <p>Realizar el ensayo de Doblado Guiado en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p><b>2.- ALCANCE.</b></p> <p>Este procedimiento sirve para determinar fallas existentes como discontinuidades, aberturas, grietas en una junta soldada a tope posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.</p> <p><b>3.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.</b></p> <p>Para la realización de este análisis se utilizó la siguiente norma internacional.</p> <p>ASTM E 190 Que se refiere a Métodos de prueba estándar para determinar la ductilidad en la soldadura</p> <p><b>4.- GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>Para determinar las fallas existentes en el cordón de soldadura se realizó el ensayo de doblado guiado de juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p>El cual nos ayuda a obtener resultados de aceptación o de rechazo de la probeta mediante la aplicación de una fuerza hasta que la probeta se haya doblado 180°.</p>		



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ED-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

## **5.- PROCEDIMIENTO**

Para realizar el ensayo de dobles en las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 se efectuó los siguientes pasos:

- Preparación de las probetas a ensayar
- Realización del ensayo de impacto
- Evaluación de resultados

### **5.1.- PREPARACIÓN DE LA PROBETA.**

Se realiza el corte lineal del acero mediante plasma CNC



**Figura 6. 33.-** Corte en plasma CNC

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ED-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Realización del biselado de acuerdo a la norma AWS D1.5.



**Figura 6. 34.-** Biselado del material a soldar

**FUENTE:** Alex Izurieta

Limado de la superficie del bisel para mejorar la calidad de soldado



**Figura 6. 35.-** Limado del bisel

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ED-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Proceso de soldado FCAW



**Figura 6. 36.-** Proceso de soldado FCAW

**FUENTE:** Alex Izurieta

Pulido del cordón hasta el nivel de metal base



**Figura 6. 37.-** Pulido de la soldadura

**FUENTE:** Alex Izurieta





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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ED-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Obtención de las probetas mediante plasma CNC



**Figura 6. 38.-** Corte de las probetas para ensayo de dobles

**FUENTE:** Alex Izurieta

Probetas para el ensayo de dobles



**Figura 6. 39.-** Probetas para el ensayo de dobles

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

**Código:** PR-ED-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

## 5.2.- REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE DOBLES

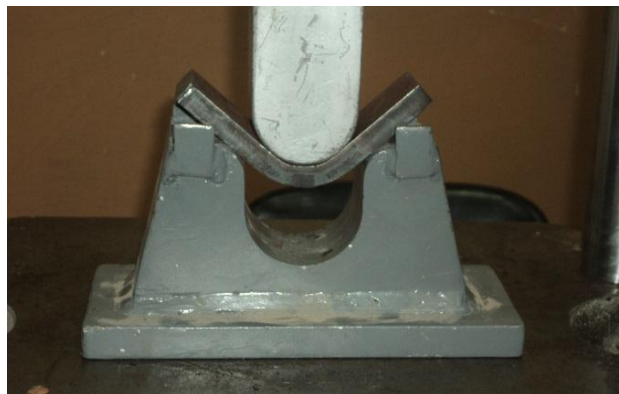
Ubicación de la probeta para el ensayo de dobles.



**Figura 6. 40.-** Colocación de la probeta para ensayo de dobles

**FUENTE:** Alex Izurieta

Durante el ensayo de dobles



**Figura 6. 41.-** Ensayo de dobles

**FUENTE:** Alex Izurieta

	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p><b>Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b></p>	
<b>Código:</b> PR-ED-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

Probetas ensayadas



**Figura 6. 42.-** Probetas ensayadas

**FUENTE:** Alex Izurieta

Verificación de los defectos en la soldadura



**Figura 6. 43.-** Verificación de los defectos

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**

<b>Código:</b> PR-ED-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

**5.2.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

**Tabla 6. 9** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 12 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA E=12mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna grieta, ni tampoco discontinuidades que se puedan observar visualmente	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura uniforme, no se puede apreciar ninguna falla.	<b>APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, como se puede observar en la figura. Cordón de soldadura uniforme, no presenta discontinuidades, tampoco aberturas	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 6 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo.	<b>NO APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo de Dobles de  
juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma  
en acero ASTM A588**



<b>Código:</b> PR-ED-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez

**Tabla 6. 10** Datos obtenidos en los ensayos de dobles en el Acero estructural ASTM A588 en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma de espesor 20 mm.

<b>JUNTAS SOLDADAS POSTERIOR AL PROCESO DE CORTE POR PLASMA E=20mm</b>		
<b>PROBETAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>APROBACIÓN</b>
1	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No se puede ver ninguna discontinuidad, tampoco aberturas.	<b>APRUEBA</b>
2	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura no presenta ninguna discontinuidad.	<b>APRUEBA</b>
3	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. La raíz del cordón de soldadura presenta una grieta de 4 mm lo cual es un parámetro que no está dentro de lo que establece la norma que es de 3mm máximo	<b>NO APRUEBA</b>
4	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. Cordón de soldadura sin ninguna abertura ni discontinuidades	<b>APRUEBA</b>
5	La cara de la soldadura no presenta ninguna falla, no se puede observar ni grietas ni porosidades. No presenta ninguna abertura, cordón uniforme, no se puede ver ninguna discontinuidad	<b>APRUEBA</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

## 6.7.4.- ENSAYO DE METALOGRAFÍA

	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico de juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588</b></p>	
<b>Código:</b> PR-EM-01	<b>Fecha de elaboración:</b> 28-11-2014	<b>Revisión:</b> xx
<b>Elaborado por:</b> Alex Izurieta	<b>Revisado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez	<b>Aprobado por:</b> Ing. Mg. Cristian Pérez
<p><b>1.- OBJETIVO.</b></p> <p>Realizar el ensayo de metalográfico en juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p><b>2.- ALCANCE.</b></p> <p>Este procedimiento sirve para determinar componentes metalográficos en una junta soldada a tope posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588.</p> <p><b>3.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.</b></p> <p>Para la realización de este análisis se utilizó la siguiente norma internacional.</p> <p>ASTM E 3:01 Que se refiere a la preparación de las probetas para el ensayo metalográfico</p> <p>ASTM E 112:96 Esta norma nos guía a la determinación del tamaño de grano</p> <p><b>4.- GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>Para obtener los componentes microestructurales y el tamaño de grano de cada zona se realizó el ensayo de metalografía de juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero ASTM A588.</p> <p>.Con este ensayo podremos determinar los porcentajes de cada componente presentes en la zona térmicamente afectada, metal base y depósito de soldadura.</p>		



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico  
de juntas soldadas posterior al corte térmico por  
plasma en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EM-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

## 5.- PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo metalográfico en las juntas soldadas posterior al corte térmico por plasma en acero ASTM A588 se efectuó los siguientes pasos:

- Preparación de las probetas a ensayar
- Realización del ensayo metalográfico
- Evaluación de resultados

### 5.1.- PREPARACIÓN DE LA PROBETA.

Corte a sierra de un pequeño pedazo de la junta soldada



**Figura 6. 44.-** Obtención de las probetas a ensayar

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico  
de juntas soldadas posterior al corte térmico por  
plasma en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EM-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Probeta cortada para su posterior montaje en caliente con baquelita.



**Figura 6. 45.-** Probeta cortada

**FUENTE:** Alex Izurieta

Montaje de la probeta en caliente con baquelita para su mejor observación en el microscopio



**Figura 6. 46.-** Montaje en caliente de la probeta

**FUENTE:** Alex Izurieta





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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico  
de juntas soldadas posterior al corte térmico por  
plasma en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EM-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Lijado de la probeta, ya que su superficie debe quedar totalmente lisa para obtener mejores resultados en el microscopio



**Figura 6. 47.-** Lijado de la probeta

**FUENTE:** Alex Izurieta

Pulido de la probeta con la ayuda del paño.



**Figura 6. 48.-** Pulido de la probeta en el paño

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico  
de juntas soldadas posterior al corte térmico por  
plasma en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EM-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

Ataque químico de la probeta con Nital 4 para aceros de bajo carbono durante 4 sg.



**Figura 6. 49.-** Ataque químico

**FUENTE:** Alex Izurieta

Secado de la probeta en el ventilador



**Figura 6. 50.-** Secado de la probeta en el ventilador

**FUENTE:** Alex Izurieta



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



**Procedimiento para Realizar el Ensayo metalográfico  
de juntas soldadas posterior al corte térmico por  
plasma en acero ASTM A588**

**Código:** PR-EM-01

**Fecha de elaboración:** 28-11-2014

**Revisión:** xx

**Elaborado por:**  
Alex Izurieta

**Revisado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

**Aprobado por:**  
Ing. Mg. Cristian Pérez

## 5.2.- REALIZACIÓN DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Localización de la microestructura en el microscopio



**Figura 6. 51.-** Análisis de la microestructura

**FUENTE:** Alex Izurieta

## 5.3.- OBTENCION DE RESULTADOS

**Tabla 6. 11.-** Resultados obtenidos en el ensayo metalográfico en juntas soldadas posterior al proceso de corte térmico por plasma en el acero estructural ASTM A588.

Partes de la junta soldada	Tamaño de grano ASTM	% de Perlita	% de Ferrita
CORDÓN	4,63	22,5	77,5
METAL BASE	3,215	15	85
ZAT	4,368	23,1	77,3

**FUENTE:** Alex Izurieta

## 6.8.- ADMINISTRACIÓN.

**Tabla 6. 12.-** Análisis económico de la propuesta.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Plancha de acero ASTM A588 de 12 mm	20	Kg	\$8.00	\$160.00
2	Plancha de acero ASTM A588 de 20 mm	40	Kg	\$10.00	\$400.00
3	Corte térmico por plasma CNC para 12 mm	20	m	\$12.00	\$240.00
4	Corte térmico por plasma CNC para 20 mm	20	m	\$15.00	\$300.00
5	Electrodos de carbono para el corte térmico por arc air	15	u	\$0.80	\$12.00
6	Corte térmico por arc air	5	m	\$3.00	\$15.00
7	Disco cubitrón para biselados	10	u	\$4.00	\$40.00
8	Disco de corte	4	u	\$3.00	\$12.00
9	Disco de pulir	4	u	\$3.00	\$12.00
10	Disco grata	4	u	\$3.00	\$12.00
11	Hoja de sierra	3	u	\$1.50	\$4.50
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>\$1207.5</b>
<b>RECURSO HUMANO</b>					
12	Autor	1	u	\$400.00	\$400.00
13	Derechos de Autor	1	u	\$250.00	\$250.00
14	Cortador para el proceso arc air	1	u	\$20.00	\$20.00
<b>COSTO TOTAL DEL RECURSO HUMANO</b>					<b>\$670.00</b>
<b>VARIOS</b>					
15	Internet	1	u	\$50.00	\$50.00
16	Materiales de oficina	1	u	\$180.00	\$180.00
17	Transporte	1	u	\$100.00	\$100.00
18	Impresiones y Empastado	1	u	\$180.00	\$180.00
<b>COSTO TOTAL VARIOS</b>					<b>\$510.00</b>
<b>COSTO TOTAL PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>					<b>\$2387.5</b>

**FUENTE:** Alex Izurieta

## **6.9.- PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

Una vez terminado el estudio de las juntas soldadas a tope posterior a los procesos de corte térmico en el acero estructural ASTM A588 se ha podido determinar que la mejor combinación en sus propiedades mecánicas presenta es el proceso de corte térmico por plasma.

El estudio realizado compone un gran aporte al Área de Materiales y en especial a la Industria Metalmeccánica ya que se ha llegado a determinar un proceso de corte térmico óptimo para la construcción de puentes metálicos con acero estructural ASTM A588, los cuales representan una gran responsabilidad en su construcción, ya que con el proceso de corte térmico por plasma las juntas soldadas presentan mejores propiedades mecánicas aumentando su resistencia a las diferentes cargas a las que están sometidas y disminuyendo los costos de mantenimiento.

Este estudio fue realizado en el laboratorio de materiales de la carrera de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, como en las instalaciones de STEEL ESTRUCTURAS una empresa dedicada a la construcción de estructuras metálicas.

Esta investigación puede ser de mucha ayuda para posteriores trabajos investigativos con otro tipo de material y diferentes espesores, para obtener mejores propiedades mecánicas en la construcción de estructuras metálicas.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

1. Millán Gómez, Simón (2006). Procedimientos de Mecanizado. Madrid: Editorial Paraninfo.
2. Tamborero del Pino, José M<sup>a</sup>NTP 495. Normas de Seguridad en oxicorte y soldadura oxiacetilénica Sistemas de aire acondicionado Ing. Néstor Quadri.- Editorial Alsina- Buenos Aires- 2001
3. Horwitz Henry, P. (2003). Manual de soldadura aplicaciones y prácticas. México: Alfaomega.
4. Acerind, a. c. (2012). Soldadura de los Aceros Inoxidables. Obtenido de [www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf](http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf)
5. Andalucía, I. (2010, Enero 06). revista digital para profesional de enseñanza. Andalucía. Obtenido de <http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd6731.pdf>
6. Bejarano, E. M. (2012). Guía de laboratorio. Obtenido de [www.udistrital.edu.co:8080/documents/.../ENSAYO+DE+IMPACTO.pdf](http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/.../ENSAYO+DE+IMPACTO.pdf).
7. Yenisey. (2011). Influencia de los parámetros de soldadura en la microestructura. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1036/chavez\\_melgar\\_yenisey\\_soldadura\\_microestructura\\_GTAW.pdf](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1036/chavez_melgar_yenisey_soldadura_microestructura_GTAW.pdf)
8. Weecks, J. W. (2007, Junio 5). Técnicas y prácticas de soldadura. Obtenido de <http://books.google.com.ec/books?id=JE2RK4QupuoC&pg>
9. Tituaña, C. F. (2007, Octubre 3). soldadura indirecta en tuberías de cobre para instalaciones de agua potable. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1544/1/CD-0991.pdf>
10. Metalforming. (2008, Febrero 04). La soldadura de acero para herramientas la manera correcta. México, México.
11. Masabanda. (2009, Mayo 1). Elaboración de un manual para prácticas de la materia teórica de los procesos de soldadura. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1492/1/CD-2174.pdf>

12. Guzhñay, F. (2012) Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma ASTM E-8". <http://repo.uta.edu.ec/handle/>
13. Ingeniería, R. d. (2004). Estudio de la soldabilidad y corrosión del Acero Inoxidable. CHILE.
14. Arcos, O. G. (2011) Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y su incidencia en el control de calidad de las juntas soldadas en aceros al carbono <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/1367>
15. Naula, W. (2014) Análisis de variación de electrodos en un proceso de soldadura smaw en acero inoxidable AISI 304 austenítico y su incidencia en las propiedades mecánicas [http:// repo.uta.edu.ec/.Tesis](http://repo.uta.edu.ec/.Tesis)
16. Indura. (2008, Mayo 4). Manual de soldadura. Electrodo comunes, especiales y gases para corte y soldadura. Obtenido de <http://www.indura.net+manual+de+aceros+inoxidables+indura>
17. Sailema, J. (2014) Estudio de los procesos de soldadura FCAW y SMAW en acero ASTM A588 grado A y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de vigas metálicas en puentes colgantes [http:// repo.uta.edu.ec/.Tesis](http://repo.uta.edu.ec/.Tesis)
18. Arcos, P. (2010) análisis comparativo de los procesos de corte por plasma, oxicorte, arc air aplicados a metales [http:// repo.epn.edu.ec/.Tesis](http://repo.epn.edu.ec/.Tesis)

# **ANEXO A: HOJAS DE DATOS DE SOLDADURA**

## **WPS Y PQR**





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



ESPECIFICACIONES PARA LA SOLDADURA PROBETAS DE DOBLADO GUIADO										WPS	
<b>Institución:</b>			Universidad técnica de Ambato				<b>Identificación N°:</b>		WPS – 01		
<b>Proceso de soldadura:</b>			FCAW				<b>Soporte PQR N°:</b>		PQR – 01		
<b>Tipo:</b>	Manual:	<input checked="" type="checkbox"/>	Automático:	<input type="checkbox"/>	NA	<b>Semiautomático:</b>	<input type="checkbox"/>	NA	Maquina:	<input type="checkbox"/>	NA
<b>Revisión:</b>	00	<b>Fecha:</b>	29-11-2014		<b>Revisado por:</b>	Alex Izurieta					
DISEÑO DE LA JUNTA.					POSICIÓN						
<b>Tipo de junta:</b>			A TOPE			<b>Ranura:</b>	1G	<b>Filete:</b>			
<b>Tipo de soldadura:</b>			Ranura en V			<b>Plancha:</b>	X	<b>Tubería:</b>			
<b>Abertura de raíz:</b>			3 mm			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
<b>Longitud de raíz:</b>			3 mm			<b>Modo de transferencia GMAW:</b> N/A					
<b>Angulo de ranura:</b>			60°			<b>Corto circuito</b>	<input type="checkbox"/>	Globular	<input type="checkbox"/>	Spray	<input type="checkbox"/>
<b>Soporte:</b>			NO			<b>Corriente:</b> Proceso FCAW					
<b>Material de aporte:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>AC:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>DCEP</b>	125 A		
<b>Limpieza de la raíz:</b>			Si			<b>Pulso:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>DCEN</b>	<input type="checkbox"/>		
METAL BASE					TÉCNICA						
<b>DATOS</b>	<b>M.B.1</b>	<b>M.B.2</b>		<b>Aportación</b>	<b>Oscilación</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Recta</b>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Grupo:</b>	1	1		<b>Pase:</b>	<b>Múltiple</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Simple</b>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Especificación</b>	ASTM A588	ASTM A588		<b>Limpieza en pases</b>	Si	<input type="checkbox"/>	<b>Grata</b>	<input type="checkbox"/>			
<b>Grado:</b>	A	A		PRECALENTAMIENTO							
<b>Espesor:</b>	12 mm	12 mm		<b>Temperatura de precalentamiento:</b>			N/A				
<b>Diámetro:</b>	N/A	N/A		<b>Temperatura interpase:</b>			N/A				
					POSCALENTAMIENTO						
					<b>Temperatura:</b>	N/A	<b>Tiempo:</b>	N/A			
METAL DE APORTE					PROTECCIÓN						
<b>Especificación:</b>			A5.20		<b>Fundente:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Gas:</b>	CO2			
<b>Calificación AWS:</b>			E 81T1 – Ni2C		<b>Composición</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Composición</b>	100%			
<b>Marca:</b>			Linde		<b>Fundente:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Vel. flujo</b>	23 ft/h			
<b>Tamaño de alambre:</b>			1.2 mm								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
N.- De pases	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Vel. de alambre (in/min)				
		Clase	Diámetro	Tipo de polaridad	Amperaje						
1-6	FCAW	E81T1– Ni2C	1.2 mm	DC	125 A	28 V	127				
DETALLES DE LA JUNTA SOLDADA											
<b>Elaborado por:</b>			Alex Izurieta			<b>Fecha.</b>		12-08-2014			
<b>Revisado por:</b>			Ing. Mg. Cristian Pérez			<b>Institución:</b>		UTA			



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



ESPECIFICACIONES PARA LA SOLDADURA PROBETAS DE DOBLADO GUIADO										WPS	
<b>Institución:</b>			Universidad técnica de Ambato				<b>Identificación N°:</b>		WPS – 01		
<b>Proceso de soldadura:</b>			FCAW				<b>Soporte PQR N°:</b>		PQR – 01		
<b>Tipo:</b>	Manual:	X	Automático:	NA	Semiautomático:	NA	Maquina:	NA			
<b>Revisión:</b>	00	<b>Fecha:</b>	29-11-2014		<b>Revisado por:</b>	Alex Izurieta					
DISEÑO DE LA JUNTA.					POSICIÓN						
<b>Tipo de junta:</b>			A TOPE			<b>Ranura:</b>	1G	<b>Filete:</b>			
<b>Tipo de soldadura:</b>			Ranura en V			<b>Plancha:</b>	X	<b>Tubería:</b>			
<b>Abertura de raíz:</b>			3 mm			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
<b>Longitud de raíz:</b>			3 mm			<b>Modo de transferencia GMAW:</b> N/A					
<b>Angulo de ranura:</b>			60°			<b>Corto circuito</b>		Globular		Spray	
<b>Soporte:</b>			NO			<b>Corriente:</b> Proceso FCAW					
<b>Material de aporte:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>AC:</b>		<b>DCEP</b>	125 A		
<b>Limpieza de la raíz:</b>			Si			<b>Pulso:</b>		<b>DCEN</b>			
METAL BASE					TÉCNICA						
<b>DATOS</b>		<b>M.B.1</b>	<b>M.B.2</b>		<b>Aportación</b>		<b>Oscilación</b>		<b>Recta</b>	X	
<b>Grupo:</b>		1	1		<b>Pase:</b>		<b>Múltiple</b>		<b>Simple</b>	X	
<b>Especificación</b>		ASTM A588	ASTM A588		<b>Limpieza en pases</b>		Si		Grata		
<b>Grado:</b>		A	A		PRECALENTAMIENTO						
<b>Espesor:</b>		20 mm	20 mm		<b>Temperatura de precalentamiento:</b>				N/A		
<b>Diámetro:</b>		N/A	N/A		<b>Temperatura interpase:</b>				N/A		
					POSCALENTAMIENTO						
					<b>Temperatura:</b>	N/A	<b>Tiempo:</b>	N/A			
METAL DE APORTE					PROTECCIÓN						
<b>Especificación:</b>			A5.20			<b>Fundente:</b>		<b>Gas:</b>		CO2	
<b>Calificación AWS:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>Composición</b>		<b>Composición</b>		100%	
<b>Marca:</b>			Linde			<b>Fundente:</b>		<b>Vel. flujo</b>		23 ft/h	
<b>Tamaño de alambre:</b>			1.2 mm								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
N.- De pases	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Vel. de alambre (in/min)				
		Clase	Diámetro	Tipo de polaridad	Amperaje						
1-6	FCAW	E81T1– Ni2C	1.2 mm	DC	125 A	28 V	127				
DETALLES DE LA JUNTA SOLDADA											
<b>Elaborado por:</b>			Alex Izurieta			<b>Fecha.</b>		12-08-2014			
<b>Revisado por:</b>			Ing. Mg. Cristian Pérez			<b>Institución:</b>		UTA			



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



ESPECIFICACIONES PARA LA SOLDADURA PROBETAS DE METALOGRAFIA										WPS	
<b>Institución:</b>			Universidad técnica de Ambato				<b>Identificación N°:</b>		WPS – 01		
<b>Proceso de soldadura:</b>			FCAW				<b>Soporte PQR N°:</b>		PQR – 01		
<b>Tipo:</b>	Manual:	X	Automático:	NA	Semiautomático:	NA	Maquina:	NA			
<b>Revisión:</b>	00	<b>Fecha:</b>	29-11-2014		<b>Revisado por:</b>	Alex Izurieta					
DISEÑO DE LA JUNTA.					POSICIÓN						
<b>Tipo de junta:</b>			A TOPE			<b>Ranura:</b>	1G	<b>Filete:</b>			
<b>Tipo de soldadura:</b>			Ranura en V			<b>Plancha:</b>	X	<b>Tubería:</b>			
<b>Abertura de raíz:</b>			3 mm			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
<b>Longitud de raíz:</b>			3 mm			<b>Modo de transferencia GMAW:</b> N/A					
<b>Angulo de ranura:</b>			60°			<b>Corto circuito</b>		Globular		Spray	
<b>Soporte:</b>			NO			<b>Corriente:</b> Proceso FCAW					
<b>Material de aporte:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>AC:</b>		<b>DCEP</b>	125 A		
<b>Limpieza de la raíz:</b>			Si			<b>Pulso:</b>		<b>DCEN</b>			
METAL BASE					TÉCNICA						
<b>DATOS</b>		<b>M.B.1</b>	<b>M.B.2</b>		<b>Aportación</b>		<b>Oscilación</b>		<b>Recta</b>	X	
<b>Grupo:</b>		1	1		<b>Pase:</b>		<b>Múltiple</b>		<b>Simple</b>	X	
<b>Especificación</b>		ASTM A588	ASTM A588		<b>Limpieza en pases</b>		Si		Grata		
<b>Grado:</b>		A	A		PRECALENTAMIENTO						
<b>Espesor:</b>		12 mm	12 mm		<b>Temperatura de precalentamiento:</b>				N/A		
<b>Diámetro:</b>		N/A	N/A		<b>Temperatura interpase:</b>				N/A		
					POSCALENTAMIENTO						
					<b>Temperatura:</b>	N/A	<b>Tiempo:</b>	N/A			
METAL DE APORTE					PROTECCIÓN						
<b>Especificación:</b>			A5.20			<b>Fundente:</b>		<b>Gas:</b>	CO2		
<b>Calificación AWS:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>Composición</b>		<b>Composición</b>	100%		
<b>Marca:</b>			Linde			<b>Fundente:</b>		<b>Vel. flujo</b>	23 ft/h		
<b>Tamaño de alambre:</b>			1.2 mm								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
N.- De pases	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Vel. de alambre (in/min)				
		Clase	Diámetro	Tipo de polaridad	Amperaje						
1-6	FCAW	E81T1– Ni2C	1.2 mm	DC	125 A	28 V	127				
DETALLES DE LA JUNTA SOLDADA											
<b>Elaborado por:</b>			Alex Izurieta			<b>Fecha.</b>		12-08-2014			
<b>Revisado por:</b>			Ing. Mg. Cristian Pérez			<b>Institución:</b>		UTA			



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



ESPECIFICACIONES PARA LA SOLDADURA PROBETAS DE METALOGRAFIA										WPS	
<b>Institución:</b>			Universidad técnica de Ambato				<b>Identificación N°:</b>		WPS – 01		
<b>Proceso de soldadura:</b>			FCAW				<b>Soporte PQR N°:</b>		PQR – 01		
<b>Tipo:</b>	Manual:	X	Automático:	NA	Semiautomático:	NA	Maquina:	NA			
<b>Revisión:</b>	00	<b>Fecha:</b>	29-11-2014		<b>Revisado por:</b>	Alex Izurieta					
DISEÑO DE LA JUNTA.					POSICIÓN						
<b>Tipo de junta:</b>			A TOPE			<b>Ranura:</b>	1G	<b>Filete:</b>			
<b>Tipo de soldadura:</b>			Ranura en V			<b>Plancha:</b>	X	<b>Tubería:</b>			
<b>Abertura de raíz:</b>			3 mm			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
<b>Longitud de raíz:</b>			3 mm			<b>Modo de transferencia GMAW:</b> N/A					
<b>Angulo de ranura:</b>			60°			<b>Corto circuito</b>		Globular		Spray	
<b>Soporte:</b>			NO			<b>Corriente:</b> Proceso FCAW					
<b>Material de aporte:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>AC:</b>		<b>DCEP</b>	125 A		
<b>Limpieza de la raíz:</b>			Si			<b>Pulso:</b>		<b>DCEN</b>			
METAL BASE					TÉCNICA						
<b>DATOS</b>		<b>M.B.1</b>	<b>M.B.2</b>		<b>Aportación</b>		<b>Oscilación</b>		<b>Recta</b>	X	
<b>Grupo:</b>		1	1		<b>Pase:</b>		<b>Múltiple</b>		<b>Simple</b>	X	
<b>Especificación</b>		ASTM A588	ASTM A588		<b>Limpieza en pases</b>		Si		Grata		
<b>Grado:</b>		A	A		PRECALENTAMIENTO						
<b>Espesor:</b>		20 mm	20 mm		<b>Temperatura de precalentamiento:</b>				N/A		
<b>Diámetro:</b>		N/A	N/A		<b>Temperatura interpase:</b>				N/A		
					POSCALENTAMIENTO						
					<b>Temperatura:</b>	N/A		<b>Tiempo:</b>	N/A		
METAL DE APORTE					PROTECCIÓN						
<b>Especificación:</b>			A5.20			<b>Fundente:</b>		<b>Gas:</b>		CO2	
<b>Calificación AWS:</b>			E 81T1 – Ni2C			<b>Composición</b>		<b>Composición</b>		100%	
<b>Marca:</b>			Linde			<b>Fundente:</b>		<b>Vel. flujo</b>		23 ft/h	
<b>Tamaño de alambre:</b>			1.2 mm								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA											
N.- De pases	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Vel. de alambre (in/min)				
		Clase	Diámetro	Tipo de polaridad	Amperaje						
1-6	FCAW	E81T1– Ni2C	1.2 mm	DC	125 A	28 V	127				
DETALLES DE LA JUNTA SOLDADA											
<b>Elaborado por:</b>			Alex Izurieta			<b>Fecha.</b>		12-08-2014			
<b>Revisado por:</b>			Ing. Mg. Cristian Pérez			<b>Institución:</b>		UTA			

## **ANEXO B: NORMAS Y CATÁLOGOS**

**ANEXOS B.1: Norma AWS D1.5 Biselado y tipo de suelda para Acero Estructural  
ASTM A588 para diferentes espesores (Dimensiones en mm).**

Single-V-groove weld (2)  
Butt joint (B)

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 2.12.1)	As Fit-Up (see 3.3.4)			
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	—	1, 3, 9
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	3, 9
SAW	B-L2c-S	Over 12 to 25	—	R = 0 f = 6 min $\alpha = 60^\circ$	R = ±0 f = +6, -0 $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -0 Not limited +10°, -5°	F	—	3, 9
		Over 25 to 38	—	R = 0 f = 10 min $\alpha = 60^\circ$					
		Over 38 to 50	—	R = 0 f = 12 min $\alpha = 60^\circ$					

**ANEXOS B2: Norma AWS D1.5 Tipo de suelda y material de aporte para Acero Estructural ASTM A588**

mon ties exist between the following steel designations:

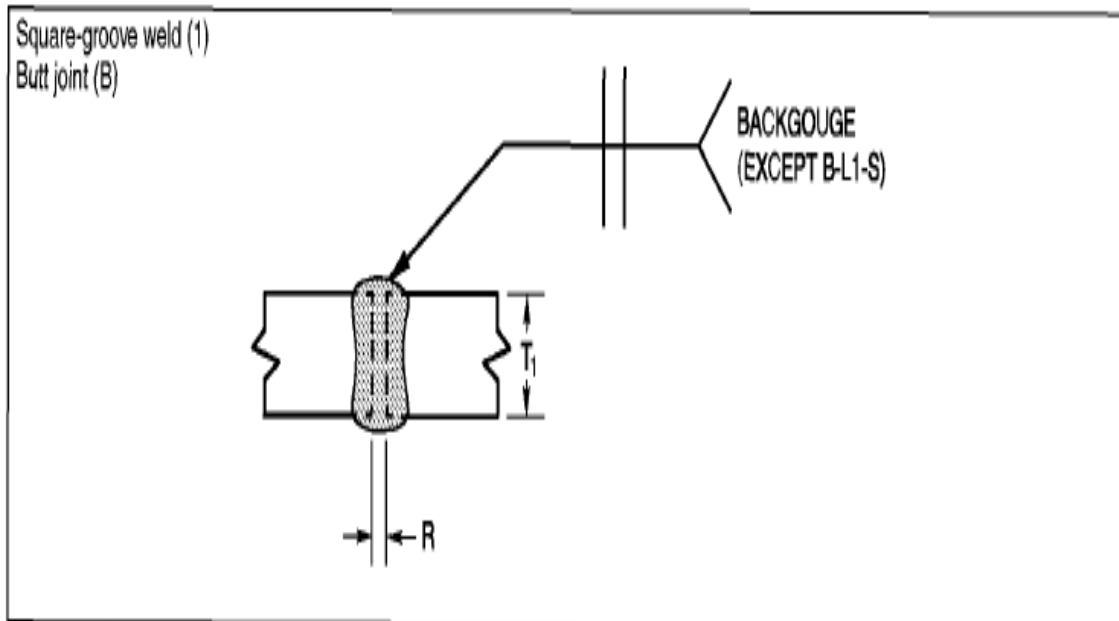
- (1) Grade 250 (36)           ASTM A 36M (A 572)
- (2) Grade 345 (50)         ASTM A 572M (A 572),  
Grade 345 (50)
- (3) Grade 345W (50W)     ASTM A 588M (A 588),  
Grade 345 (50)
- (4) Grade 485W (70W)     ASTM A 852M (A 852)
- (5) Grade 690 (100)       ASTM A 514M (A 514)
- (6) Grade 690W (100W)   ASTM A 514M (A 514)

Base metal toughness is a requirement of the

**Table 4.1 (Continued)**

Base Metal	AWS Electrode Specification	Qualification, Pretest, and Verification Test Requirement				
		Minimum Yield Strength, MPa [ksi]	Minimum Tensile Strength, MPa [ksi]	Minimum Elongation in 50 mm [2 in.], Percent	CVN, J [ft-lb] AASHTO Temperature Zones	
AASHTO (ASTM) Designation					I and II	III
M270M (M270) (A 709M [A 709]) Gr. 345W (50W) 100 mm [4 in.] and under	SMAW AWS A5.1 E7016, E7018, E7028 A5.5 E7016-X, E7018-X, E7018-W, E7015, 16, 18 C1L, C2L E8016, 18-C1, C2 E8016, 18-C3 E8018-W	Prequalified—Exempt from Test (see 5.11)				
	SAW AWS A5.17/A5.17M or A5.23/A5.23M F7A0-EXXX F8A0-EXXX	345 [50]	470 [67]	22 20	27@-20°C [20@0°F]	27@-30°C [20@-20°F]
	FCAW-G AWS A5.20 or A5.29 E7XT-1,5 E8XT-1,5-NiX, W	345 [50]	470 [67]	22 20	27@-20°C [20@0°F]	27@-30°C [20@-20°F]

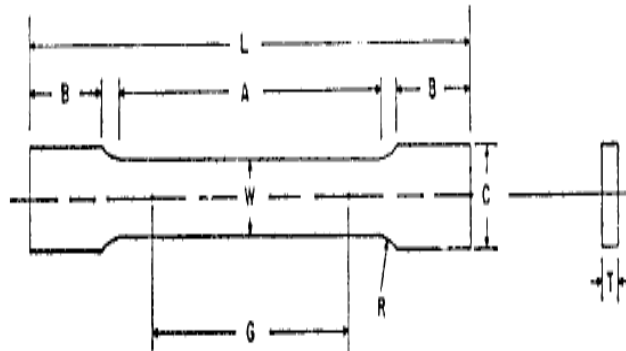
**ANEXOS B3: Norma AWS D1.5 Tipo de suelda y material de aporte para Acero Estructural ASTM A588 (Dimensiones en mm)**



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	Tolerances				
					As Detailed (see 2.12.1)	As Fit-Up (see 3.3.4)			
SMAW	B-L1b	6 max	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	All	—	1, 3, 9
GMAW FCAW	B-L1b-GF	10 max	—	$R = 0$ to 3	+2, -0	+2, -3	All	Not required	3, 9
SAW	B-L1-S	10 max	—	$R = 0$	$\pm 0$	+2, -0	F	—	5, 9
SAW	B-L1a-S	16 max	—	$R = 0$	$\pm 0$	+2, -0	F	—	3, 9



## ANEXOS B4: Extracto de la norma ASTM E-8 para ensayo de tracción



Dimensions

	Standard Specimens			Subsize Specimen
	Plate-Type, 1½-in. Wide	Sheet-Type, ½-in. Wide	¼-in. Wide	
	in.	in.	in.	
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	8.00 ± 0.01	2.000 ± 0.005	1.000 ± 0.003	
W—Width (Note 3 and Note 4)	1½ + ⅛, - ¼	0.500 ± 0.010	0.250 ± 0.005	
T—Thickness (Note 5)		thickness of material		
R—Radius of fillet, min (Note 6)	1	½	¼	
L—Over-all length, (Note 2, Note 7 and Note 8)	18	8	4	
A—Length of reduced section, min	9	2¼	1¼	
B—Length of grip section, (Note 8)	3	2	1¼	
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	2	¾	¾	

NOTE 1—For the 1½-in. wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 1 in. apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. apart may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 1½-in. wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (A) of 2¼ in. may be used with all other dimensions similar to those of the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.002 or 0.001 in., respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 0.015, 0.005, or 0.003 in., respectively, larger than the width at the center.

NOTE 4—For each of the three sizes of specimens, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced

wide specimens shall be  $\frac{3}{16}$  in. Maximum thickness of  $\frac{1}{2}$ -in. and  $\frac{1}{4}$ -in. wide specimens shall be  $\frac{3}{4}$  in. and  $\frac{1}{4}$  in., respectively.

NOTE 6—For the  $\frac{1}{2}$ -in. wide specimen, a  $\frac{1}{2}$ -in. minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 100 000 psi in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

NOTE 7—The dimension shown is suggested as a minimum. In determining the minimum length, the grips must not extend in to the transition section between Dimensions A and B, see Note 9.

NOTE 8—To aid in obtaining axial force application during testing of  $\frac{1}{4}$ -in. wide specimens, the over-all length should be as large as the material will permit, up to 8.00 in.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of  $\frac{1}{2}$ -in. wide specimens is over  $\frac{3}{8}$  in., longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 0.10, 0.05 and 0.005 in., respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the  $\frac{1}{2}$ -in. wide specimen shall be symmetrical within 0.01 in.

NOTE 11—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 0.05 in., and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in.

NOTE 12—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than  $2W$  from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. In acceptance testing, if the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

### FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

maximize precision and minimize bias in test results.

6.1.3.1 The reduced sections of prepared specimens should be free of cold work, notches, chatter marks, grooves, gouges, burrs, rough surfaces or edges, overheating, or any other condition which can deleteriously affect the properties to be measured.

NOTE 7—Punching or blanking of the reduced section may produce significant cold work or shear burrs, or both, along the edges which should be removed by machining.

6.1.3.2 Within the reduced section of rectangular speci-

mens, edges or corners should not be ground or abraded in a manner which could cause the actual cross-sectional area of the specimen to be significantly different from the calculated area.

6.1.3.3 For brittle materials, large radius fillets at the ends of the gage length should be used.

6.1.3.4 The cross-sectional area of the specimen should be smallest at the center of the reduced section to ensure fracture within the gage length. For this reason, a small taper is permitted in the reduced section of each of the specimens described in the following sections.

# ANEXOS B5: Extracto de la norma ASTM E-111-10 para cálculo del módulo de Young



Designation: E111

## Standard Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E111; 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 reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This test method<sup>2</sup> covers the determination of Young's modulus, tangent modulus, and chord modulus of structural materials. This test method is limited to materials in which and to temperatures and stresses at which creep is negligible compared to the strain produced immediately upon loading and to elastic behavior.

1.2 Because of experimental problems associated with the establishment of the origin of the stress-strain curve described in 8.1, the determination of the initial tangent modulus (that is, the slope of the stress-strain curve at the origin) and the secant modulus are outside the scope of this test method.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

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 requirements prior to use.*

[E21 Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials](#)

[E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems](#)

[E231 Method for Static Determination of Young's Modulus of Metals at Low and Elevated Temperatures<sup>4</sup>](#)

[E1012 Practice for Verification of Test Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application](#)

2.2 *General Considerations*—While certain portions of the standards and practices listed are applicable and should be referred to, the precision required in this test method is higher than that required in general testing.

### 3. Terminology

#### 3.1 Definitions:

3.1.1 *accuracy*—the degree of agreement between an accepted standard value of Young's modulus (the average of many observations made according to this method, preferably by many observers) and the value determined.

can be used to determine the modulus, before straining the specimen into the plastic range to determine yield and tensile strengths.

**8.6 Temperature Control**—The average temperature over the specimen gage length shall not deviate from the indicated nominal test temperature by more than  $\pm 2^\circ\text{C}$ . In elevated-temperature tests, indicated temperature variations along the gage length of the specimen shall not exceed the following limits: up to and including  $900 \pm 1.5^\circ\text{C}$ , above  $900 \pm 3.0^\circ\text{C}$ . (See 6.5.) The test must be performed with the same setup and under similar conditions as those of the instrumented test described in 6.5.

**NOTE 9**—The terms “indicated nominal temperature” or “indicated temperature” mean the temperature that is indicated by the temperature-measuring device using good pyrometric practice.<sup>5</sup>

**NOTE 10**—It is recognized that actual temperatures may vary more than the indicated temperatures. The use of “indicated temperatures” for the limits of permissible variation in temperature are not to be construed as minimizing the importance of good practice and precise temperature control. All laboratories are obligated to keep the variation of indicated temperature from the actual temperature as small as is practical. Temperature changes during the test, within the allowable limits, can cause significant strain errors due to differences in thermal expansion of the test specimen and extensometer parts. Temperature changes should be minimized while making strain measurements.

**8.7** In low-temperature testing in which the bath is cooled with dry ice or in which a refrigeration system is used, the temperature of the medium around the specimen shall be maintained at temperatures within  $1.5^\circ\text{C}$  of the specified temperature. Bath temperatures or the temperature of circulating air from a refrigeration system may be done with a

ment, between two points on the line as far apart as possible, by use of the following equation:

$$E = \left( \frac{\Delta_p}{A_o} \right) / \left( \frac{\Delta_c}{L_o} \right) \quad (1)$$

where:

$\Delta_p$  = force increment,

$A_o$  = original cross-sectional area,

$\Delta_c$  = extension increment, and

$L_o$  = original gage length.

The precision of the value obtained for Young’s modulus will depend upon the precision of each of the values used in the calculation. It is suggested that the report include an estimate of the precision of the reported value of Young’s modulus based on the summation of the precisions of the respective values. When the modulus determination is made at strains in excess of 0.25 %, corrections shall be made for changes in cross-sectional area and gage length by substituting the instantaneous cross section and instantaneous gage length for the original values.

**9.2** If the load-versus-extension data are obtained in numerical form, the errors introduced by plotting the data and fitting graphically a straight line to the experimental points are reduced by determining Young’s modulus as the slope of the straight line fitted to the appropriate data by the method of least squares. This method also permits statistical study of the data and therefore an evaluation of the variability of the modulus within the stress range employed. The equation for Young’s modulus fitted by the method of least squares (all data pairs

copper-constantan thermocouple or a suitable thermometer. If the specimen is submerged in a bath at the boiling point of the bath, sufficient soaking time (see Note 6) must be allowed to provide equilibrium conditions. Specimens tested in boiling liquids must meet the temperature control requirements specified in 8.6.

8.7.1 **Caution**—The boiling point of a commercial liquid gas may not be the same as the published temperature for the pure liquid gas.

8.8 *Temperature Measurement*—The method of temperature measurement must be sufficiently sensitive and reliable to ensure that the temperature of the specimen is within the limits specified in 8.6 and 8.7. Thermocouples in conjunction with potentiometers or millivolt meters are generally used to measure temperatures. A discussion of temperature measurement and the use of thermocouples is given in Test Methods E21.

## 9. Interpretation of Data

9.1 If a plot of load-versus-extension (force versus elongation) is obtained by means of an autographic recorder, the value for Young's modulus is obtained by determining the slope of the line for forces less than the force corresponding to the proportional limit. Choice of the lower force point depends on the limitations set forth in 8.1. Young's modulus is calculated from the force increment and corresponding extension incre-

having equal weight) is:

$$\text{Young's modulus, } E = (\Sigma(XY) - K\bar{X}\bar{Y}) / (\Sigma X^2 - K\bar{X}^2) \quad (2)$$

where:

$Y$  = applied axial stress, and

$X$  = corresponding strain.

In terms of the measured load  $P_i$  and measured original cross-sectional area  $A_o$  and gage length  $L_o$ ,

$$X = \frac{\Delta_c}{L_o}$$

$$Y = \frac{\Delta_p}{A_o}$$

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma Y}{K} = \text{average of } Y \text{ values}$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{K} = \text{average of } X \text{ value}$$

$K$  = number of  $X, Y$  data pairs and  $\Sigma$  = sum from 1 to  $K$ .

The coefficient of determination,  $r^2$ , indicates the goodness of fit achieved in a single test. This coefficient is defined as follows:

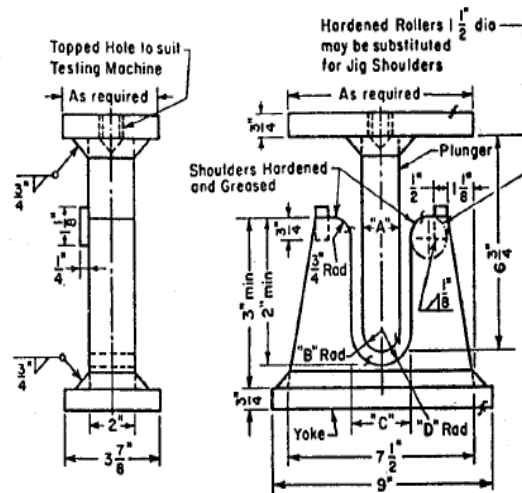
$$r^2 = \left( \left[ \Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{K} \right]^2 \right) / \left( \left[ \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{K} \right] \left[ \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{K} \right] \right) \quad (3)$$

Values of  $r^2$  close to 1.00 are desirable (see Table 1).

NOTE 11—Many programmable calculators have built-in programs for calculating the slopes of straight lines fitted to a number of data pairs and

<sup>5</sup> For further information on temperature control and measurement, see *Panel Discussion on Pyrometric Practices, ASTM STP 178, 1955.*

**ANEXOS B6: Extracto de la norma ASTM E-190 para ensayo de Dobles**



Thickness of Specimen in. (mm)	A, in. (mm)	B, in. (mm)	C, in. (mm)	D, in. (mm)
3/8 (9.5)	1 1/2 (38)	3/4 (19)	2 3/8 (60)	1 3/16 (30)
1/2 (3.2)	2 1/8 (54)	1 1/16 (27)	2 3/8 (60)	1 3/16 (30)
t	4t	2t	6t + 1/8 (+ 3.2)	3t + 1/16 (+ 1.6)

**FIG. 1 Guided Bend Test Jig**

**FIG. 3 Side-Bend Specimen for Nonferrous Materials**

**9. Interpretation of Results**

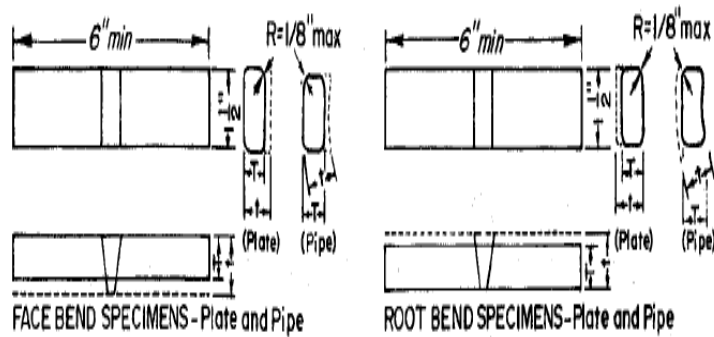
9.1 Examine the convex surface of the bent specimen for cracks or other open defects.

9.1.1 When the test is conducted as an acceptance criterion, the allowable crack size shall be specified by the code or specification requiring the test.

9.1.2 When the test is conducted for informational purposes, report the size and location of all cracks visible to the unaided eye.

**10. Precision and Bias**

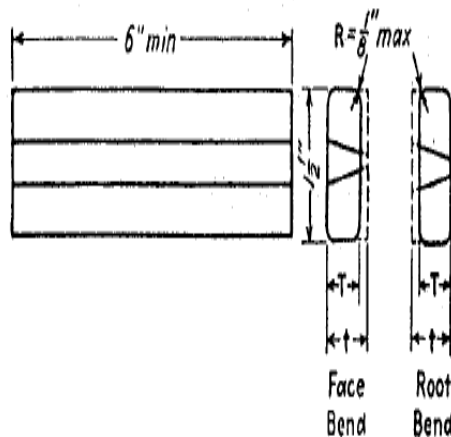
10.1 Precision and bias statements are not made for this test method because the test result is a nonnumerical report of success or failure based on criteria specified in relevant standards.



NOTE 1— $\frac{1}{8}$  in. = 3.2 mm;  $\frac{1}{2}$  in. = 38 mm; 6 in. = 152 mm.

NOTE 2—Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. The specimen shall be machined to a thickness,  $T$ , which must be specified in relation to  $t$ . If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall meet the specified relationship to  $t$ . Do not flame-cut nonferrous material. When the original wall thickness of pipe exceeds  $\frac{3}{8}$  in. (9.5 mm), excess material shall be machined from the inside surface of face-bend specimens and the outside surface of root-bend specimens. For Boiler Code nonferrous materials, see Table QN-8, Section IX on Welding Qualifications of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 1965.

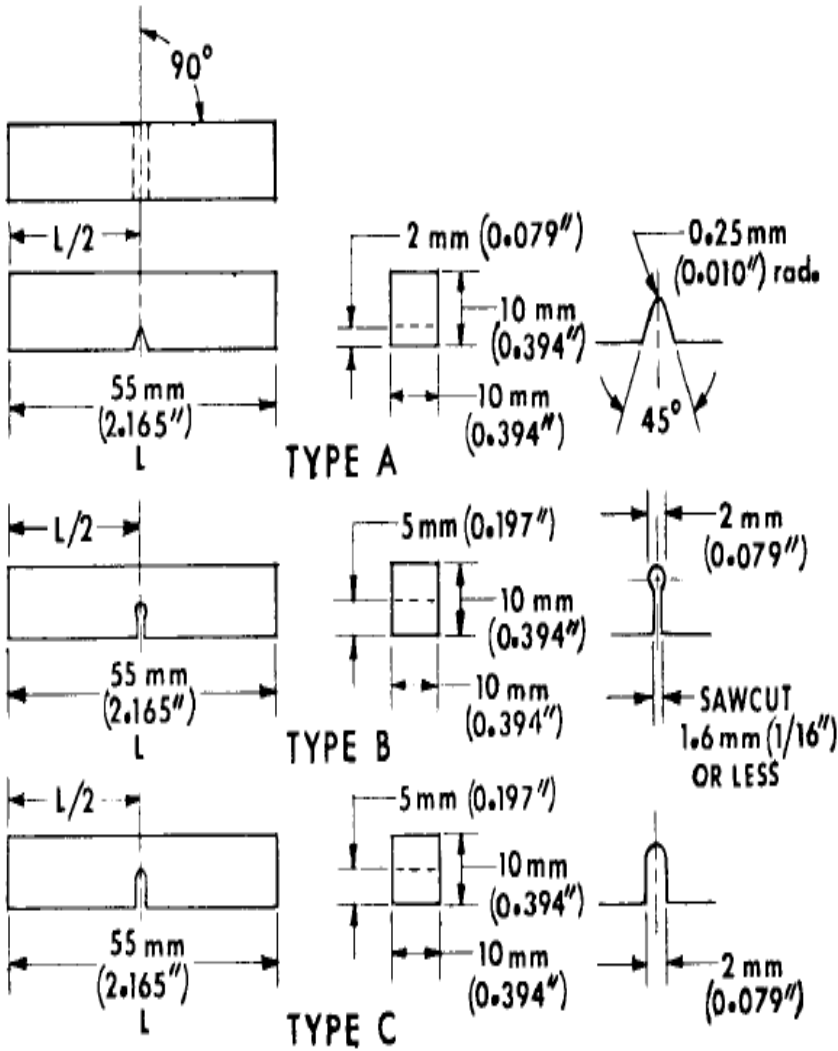
FIG. 4 Transverse Face- and Root-Bend Specimens, Plate and Pipe



NOTE 1— $\frac{1}{8}$  in. = 3.2 mm;  $\frac{1}{2}$  in. = 38 mm; 6 in. = 152 mm.

NOTE 2—Weld reinforcement and backing strip, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. The specimen shall be machined to a thickness,  $T$ , which must be specified in relation to  $t$ . If a recessed strip is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding

**ANEXOS B7: Extracto de la norma ASTM E-23 para ensayo de Impacto**





to the following requirements: ( *a* ) have a thickness of approximately 1.5 mm (0.06 in.), ( *b* ) have a minimum hardness of 45 HRC, ( *c* ) have a radius of less than 1.5 mm (0.06 in.) at the underside corners, and ( *d* ) be so positioned that the clearance between them and the pendulum overhang (both top and sides) does not exceed 1.5 mm (0.06 in.).

NOTE A1.1—In machines where the opening within the pendulum permits clearance between the ends of a specimen (resting on the anvil supports) and the shrouds, and this clearance is at least 13 mm (0.5 in.), the requirements ( *a* ) and ( *d* ) need not apply.

A1.10 Charpy Apparatus:

A1.10.1 Means shall be provided (see Fig. A1.2) to locate and support the test specimen against two anvil blocks in such a position that the center of the notch can be located within 0.25 mm (0.010 in.) of the midpoint between the anvils (see 8.3.2).

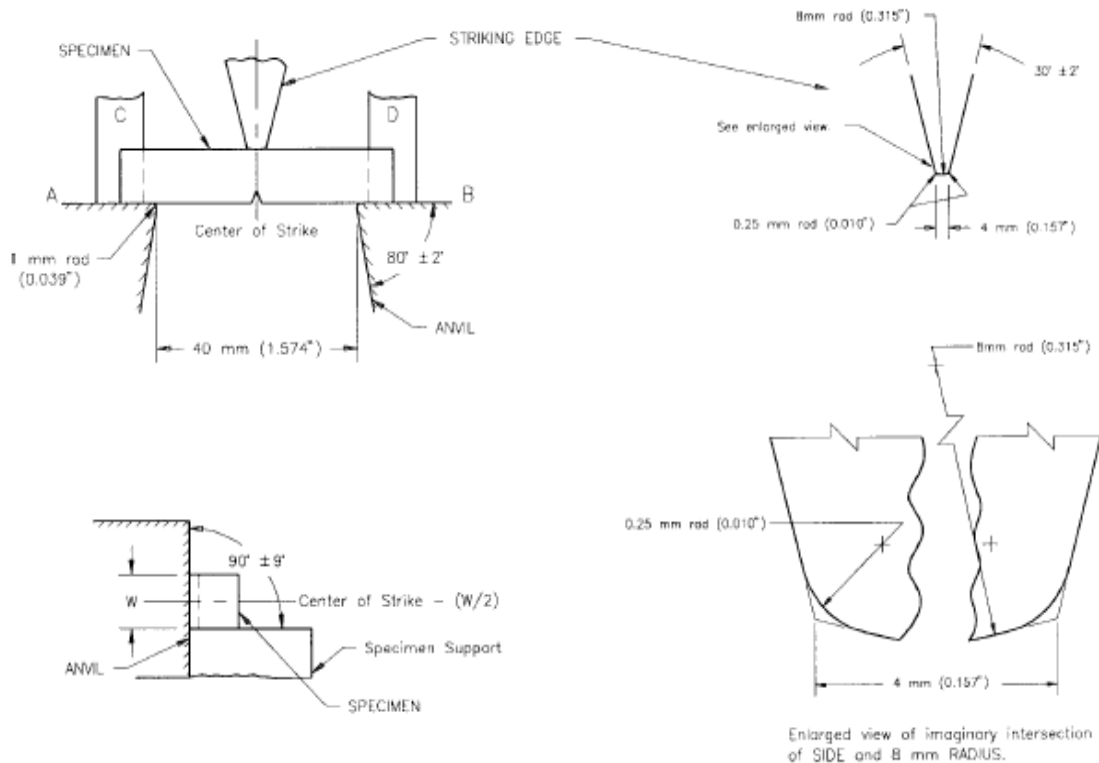
A1.10.2 The supports and striker shall be of the forms and dimensions shown in Fig. A1.2. Other dimensions of the pendulum and supports should be such as to minimize interference between the pendulum and broken specimens.

A1.10.3 The center line of the striker shall advance in the plane that is within 0.40 mm (0.016 in.) of the midpoint between the supporting edges of the specimen anvils. The striker shall be perpendicular to the longitudinal axis of the specimen within 5:1000. The striker shall be parallel within 1:1000 to the face of a perfectly square test specimen held against the anvil.

A1.11 Izod Apparatus:

A1.11.1 Means shall be provided (see Fig. A1.3) for clamping the specimen in such a position that the face of the specimen is parallel to the striker within 1:1000. The edges of the clamping surfaces shall be sharp angles of  $90 \pm 1^\circ$  with radii less than 0.40 mm (0.016 in.). The clamping surfaces shall be smooth with a 2- $\mu\text{m}$  (63- $\mu\text{in.}$ ) finish or better, and shall clamp the specimen firmly at the notch with the clamping force applied in the direction of impact. For rectangular specimens, the clamping surfaces shall be flat and parallel within 0.025 mm (0.001 in.). For cylindrical specimens, the clamping surfaces shall be contoured to match the specimen and each surface shall contact a minimum of  $\pi/2$  rad ( $90^\circ$ ) of the specimen circumference.

A1.11.2 The dimensions of the striker and its position relative to the specimen clamps shall be as shown in Fig. A1.3.



All dimensional tolerances shall be  $\pm 0.05$  mm (0.002 in.) unless otherwise specified.

FIG. A1.2 Charpy Striking Tup

---

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), and the availability of Charpy V-notch verification specimens (see Appendix X3).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-320\text{ }^{\circ}\text{F}$ ,  $77\text{ }^{\circ}\text{K}$ ).

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 Standards:

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods<sup>2</sup>

E 399 Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials<sup>3</sup>

E 604 Test Method for Dynamic Tear Energy of Metallic Materials<sup>3</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E-28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28-07 on impact testing.

Current edition approved May 10, 2000. Published August 2000. Originally

## 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), an anvil or support 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 X1.

## 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.

6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in Annex A1.

### 6.2 Inspection and Verification

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in A2.2 and A2.3. The items listed in A2.2 must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines

# ANEXOS B8: Extracto de la norma ASTM E112-96- para ensayo Metalográfico



Designation: E 112 – 96<sup>ε3</sup>

## Standard Test Methods for Determining Average Grain Size<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 112; 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 reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

<sup>ε1</sup> NOTE—Equations A1.4, A1.5 and A1.6 were editorially revised in April 2000.

<sup>ε2</sup> NOTE—New numbers were assigned to the adjuncts in February 2003.

<sup>ε3</sup> NOTE—Footnotes 4, 5 and 9 were editorially corrected and footnote 8 was editorially removed in May 2004.

### INTRODUCTION

These test methods of determination of average grain size in metallic materials are primarily measuring procedures and, because of their purely geometric basis, are independent of the metal or alloy concerned. In fact, the basic procedures may also be used for the estimation of average grain, crystal, or cell size in nonmetallic materials. The comparison method may be used if the structure of the material approaches the appearance of one of the standard comparison charts. The intercept and planimetric methods are always applicable for determining average grain size. However, the comparison charts cannot be used for measurement of individual grains.]

#### 1. Scope

1.1 These test methods cover the measurement of average grain size and include the comparison procedure, the planimetric (or Jeffries) procedure, and the intercept procedures. These test methods may also be applied to nonmetallic materials with structures having appearances similar to those of the metallic structures shown in the comparison charts. These test methods apply chiefly to single phase grain structures but they can be applied to determine the average size of a particular type of grain structure in a multiphase or multiconstituent specimen.

1.2 These test methods are used to determine the average grain size of specimens with a unimodal distribution of grain areas, diameters, or intercept lengths. These distributions are approximately log normal. These test methods do not cover methods to characterize the nature of these distributions. Characterization of grain size in specimens with duplex grain size distributions is described in Test Methods E 1181. Measurement of individual, very coarse grains in a fine grained matrix is described in Test Methods E 930.

1.3 These test methods deal only with determination of planar grain size, that is, characterization of the two-dimensional grain sections revealed by the sectioning plane. Determination of spatial grain size, that is, measurement of the

size of the three-dimensional grains in the specimen volume, is beyond the scope of these test methods.

1.4 These test methods describe techniques performed manually using either a standard series of graded chart images for the comparison method or simple templates for the manual counting methods. Utilization of semi-automatic digitizing tablets or automatic image analyzers to measure grain size is described in Test Methods E 1382.

1.5 These test methods deal only with the recommended test methods and nothing in them should be construed as defining or establishing limits of acceptability or fitness of purpose of the materials tested.

1.6 The measured values are stated in SI units, which are regarded as standard. Equivalent inch-pound values, when listed, are in parentheses and may be approximate.

1.7 *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.*

size of the specimen, as viewed at the magnification,  $M$ , instead of at the basic magnification,  $M_b$  (75X or 100X), to yield the true ASTM grain-size number. Thus, for a magnification of 25X, the true ASTM grain-size number is four numbers lower than that of the corresponding photomicrograph at 100X ( $Q = -4$ ). Likewise, for 400X, the true ASTM grain-size number is four numbers higher ( $Q = +4$ ) than that of the corresponding photomicrograph at 100X. Similarly, for 300X, the true ASTM grain-size number is four numbers higher than that of the corresponding photomicrograph at 75X.

10.8 The small number of grains per field at the coarse end of the chart series, that is, size 00, and the very small size of the grains at the fine end make accurate comparison ratings difficult. When the specimen grain size falls at either end of the chart range, a more meaningful comparison can be made by changing the magnification so that the grain size lies closer to the center of the range.

10.9 The use of transparencies<sup>5</sup> or prints of the standards, with the standard and the unknown placed adjacent to each other, is to be preferred to the use of wall chart comparison with the projected image on the microscope screen.

10.10 No particular significance should be attached to the fact that different observers often obtain slightly different results, provided the different results fall within the confidence limits reasonably expected with the procedure used.

10.11 There is a possibility when an operator makes repeated checks on the same specimen using the comparison

method that they will be prejudiced by their first estimate. This disadvantage can be overcome, when necessary, by changes in magnification, through bellows extension, or objective or eyepiece replacement between estimates (1).<sup>6</sup>

10.12 Make the estimation of macroscopically-determined grain sizes (extremely coarse) by direct comparison, at a magnification of 1X, of the properly prepared specimen, or of a photograph of a representative field of the specimen, with photographs of the standard grain series shown in Plate I (for untwinned material) and Plates II and III (for twinned material). Since the photographs of the standard grain size series were made at 75 and 100 diameters magnification, grain sizes estimated in this way do not fall in the standard ASTM grain-size series and hence, preferably, should be expressed either as diameter of the average grain or as one of the macro-grain size numbers listed in Table 3. For the smaller macroscopic grain sizes, it may be preferable to use a higher magnification and the correction factor given in Note 3, particularly if it is desirable to retain this method of reporting.

NOTE 3—If the grain size is reported in ASTM macro-grain size numbers, it is convenient to use the relationship:

<sup>5</sup> Transparencies of the various grain sizes in Plate I are available from ASTM Headquarters. Order Adjunct: ADJE112TS for the set. Transparencies of individual grain size groupings are available on request. Order Adjunct: ADJE011205T (Grain Size 00), ADJE11206T (Grain Size 0), ADJE11207T (Grain Size 0.5), ADJE11208T (Grain Size 1.0), ADJE11209T (Grain Size 1.5), ADJE11210T (Grain Size 2.0), ADJE11211T (Grain Size 2.5), ADJE11212T (Grain Sizes 3.0, 3.5, and 4.0), ADJE11213T (Grain Sizes 4.5, 5.0, and 5.5), ADJE11214T (Grain Sizes 6.0, 6.5, and 7.0), ADJE11215T (Grain Sizes 7.5, 8.0, and 8.5), and ADJE11216T (Grain Sizes 9.0, 9.5, and 10.0). Charts illustrating grain size numbers 00 to 10 are on 8½ by 11 in. (215.9 by 279.4 mm) film. Transparencies for Plates II, III, and IV are not available.

$$Q_m = 2 \log_2 M \quad (3)$$

$$= 6.64 \log_{10} M$$

where  $Q_m$  is a correction factor that is added to the apparent grain size of the specimen, when viewed at the magnification  $M$ , instead of at 1X, to yield the true ASTM macro-grain size number. Thus, for a magnification of 2X, the true ASTM macro-grain size number is two numbers higher ( $Q = +2$ ), and for 4X, the true ASTM macro-grain size number is four numbers higher ( $Q = +4$ ) than that of the corresponding photograph.

10.13 The comparison procedure shall be applicable for estimating the austenite grain size in ferritic steel after a McQuaid-Ehn test (see Annex A3, A3.2), or after the austenite grains have been revealed by any other means (see Annex A3, A3.3). Make the grain-size measurement by comparing the microscopic image, at magnification of 100X, with the standard grain size chart in Plate IV, for grains developed in a McQuaid-Ehn test (see Annex A3); for the measurement of austenite grains developed by other means (see Annex A3), measure by comparing the microscopic image with the plate having the most nearly comparable structure observed in Plates I, II, or IV.

10.14 The so-called “Shepherd Fracture Grain Size Method” of judging grain size from the appearance of the fracture of hardened steel (2), involves comparison of the specimen under investigation with a set of standard fractures.<sup>7</sup> It has been found that the arbitrarily numbered fracture grain

size series agree well with the correspondingly numbered ASTM grain sizes presented in Table 4. This coincidence makes the fracture grain sizes interchangeable with the austenitic grain sizes determined microscopically. The sizes observed microscopically shall be considered the primary standard, since they can be determined with measuring instruments.

## 11. Planimetric (or Jeffries’) (3) Procedure

11.1 In the planimetric procedure inscribe a circle or rectangle of known area (usually 5000 mm<sup>2</sup> to simplify the calculations) on a micrograph or on the ground-glass screen of the metallograph. Select a magnification which will give at least 50 grains in the field to be counted. When the image is focused properly, count the number of grains within this area. The sum of all the grains included completely within the known area plus one half the number of grains intersected by the circumference of the area gives the number of equivalent whole grains, measured at the magnification used, within the area. If this number is multiplied by the Jeffries’ multiplier,  $f$ , in the second column of Table 5 opposite the appropriate magnification, the product will be the number of grains per square millimetre  $N_A$ . Count a minimum of three fields to ensure a reasonable average. The number of grains per square millimetre at 1X,  $N_A$ , is calculated from:

$$N_A = f \left( N_{\text{Inside}} + \frac{N_{\text{Intercepted}}}{2} \right) \quad (4)$$

where  $f$  is the Jeffries’ multiplier (see Table 5),  $N_{\text{Inside}}$  is the number of grains completely inside the test circle and  $N$

**TABLE 4 Grain Size Relationships Computed for Uniform, Randomly Oriented, Equiaxed Grains**

Grain Size No. G	$\bar{N}_A$ Grains/Unit Area		$\bar{A}$ Average Grain Area		$\bar{d}$ Average Diameter		$\bar{\ell}$ Mean Intercept		$\bar{N}_L$ No./mm
	No./in. <sup>2</sup> at 100X	No./mm <sup>2</sup> at 1X	mm <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>	mm	μm	mm	μm	
00	0.25	3.88	0.2581	258064	0.5080	508.0	0.4525	452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290	129032	0.3592	359.2	0.3200	320.0	3.12
0.5	0.71	10.96	0.0912	91239	0.3021	302.1	0.2691	269.1	3.72
1.0	1.00	15.50	0.0645	64516	0.2540	254.0	0.2263	226.3	4.42
1.5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.2136	213.6	0.1903	190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.1796	179.6	0.1600	160.0	6.25
2.5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.1510	151.0	0.1345	134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.1270	127.0	0.1131	113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.1068	106.8	0.0951	95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.00806	8065	0.0898	89.8	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143	1426	0.0378	37.8	0.0336	33.6	29.73
7.0	64.00	992.00	0.00101	1008	0.0318	31.8	0.0283	28.3	35.36
7.5	90.51	1402.9	0.00071	713	0.0267	26.7	0.0238	23.8	42.04
8.0	128.00	1984.0	0.00050	504	0.0225	22.5	0.0200	20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036	356	0.0189	18.9	0.0168	16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025	252	0.0159	15.9	0.0141	14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018	178	0.0133	13.3	0.0119	11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013	126	0.0112	11.2	0.0100	10.0	100.00
10.5	724.08	11223.2	0.000089	89.1	0.0094	9.4	0.0084	8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.000063	63.0	0.0079	7.9	0.0071	7.1	141.4
11.5	1448.15	22446.4	0.000045	44.6	0.0067	6.7	0.0060	5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.000032	31.5	0.0056	5.6	0.0050	5.0	200.0
12.5	2896.31	44892.9	0.000022	22.3	0.0047	4.7	0.0042	4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.000016	15.8	0.0040	4.0	0.0035	3.5	282.8
13.5	5792.62	89785.8	0.000011	11.1	0.0033	3.3	0.0030	3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.000008	7.9	0.0028	2.8	0.0025	2.5	400.0

**TABLE 5 Relationship Between Magnification Used and Jeffries' Multiplier,  $f$ , for an Area of 5000 mm<sup>2</sup> (a Circle of 79.8-mm Diameter) ( $f = 0.0002 M^2$ )**

Magnification Used, $M$	Jeffries' Multiplier, $f$ , to Obtain Grains/mm <sup>2</sup>
1	0.0002
10	0.02
25	0.125
50	0.5
75 <sup>A</sup>	1.125
100	2.0
150	4.5
200	8.0
250	12.5
300	18.0
500	50.0
750	112.5
1000	200.0

<sup>A</sup> At 75 diameters magnification, Jeffries' multiplier,  $f$ , becomes unity if the area used is 5625 mm<sup>2</sup> (a circle of 84.5-mm diameter).

Intercepted is the number of grains that intercept the test circle. The average grain area,  $\bar{A}$ , is the reciprocal of  $\bar{N}_A$ , that is,  $1/\bar{N}_A$ , while the mean grain diameter,  $\bar{d}$ , as listed on Plate III (see 10.2.3), is the square root of  $\bar{A}$ . This grain diameter has no physical significance because it represents the side of a square grain of area  $\bar{A}$ , and grain cross sections are not square.

11.2 To obtain an accurate count of the number of grains completely within the test circle and the number of grains intersecting the circle, it is necessary to mark off the grains on the template, for example, with a grease pencil or felt tip pen. The precision of the planimetric method is a function of the number of grains counted (see Section 19). The number of grains within the test circle, however, should not exceed about 100 as counting becomes tedious and inaccurate. Experience suggests that a magnification that produces about 50 grains

within the test circle is about optimum as to counting accuracy per field. Because of the need to mark off the grains to obtain an accurate count, the planimetric method is less efficient than the intercept method (see Section 12).

11.3 Fields should be chosen at random, without bias, as described in 5.2. Do not attempt to choose fields that appear to be typical. Choose the fields blindly and select them from different locations on the plane of polish.

11.4 By original definition, a microscopically-determined grain size of No. 1 has 1.000 grains/in.<sup>2</sup> at 100X, hence 15.500 grains/mm<sup>2</sup> at 1X. For areas other than the standard circle, determine the actual number of grains per square millimetre,  $N_A$ , and find the nearest size from Table 4. The ASTM grain size number,  $G$ , can be calculated from  $N_A$  (number of grains per mm<sup>2</sup> at 1X) using (Eq 1) in Table 6.

**TABLE 6 Grain Size Equations Relating Measured Parameters to the Microscopically Determined ASTM Grain Size,  $G$**

NOTE 1—Determine the ASTM Grain Size,  $G$ , using the following equations:

NOTE 2—The second and third equations are for single phase grain structures.

NOTE 3—To convert micrometres to millimetres, divide by 1000.

NOTE 4—A calculated  $G$  value of -1 corresponds to ASTM  $G = 00$ .

Equation	Units
$G = (3.321928 \log_{10} \bar{N}_A) - 2.954$	$N_A$ in mm <sup>-2</sup>
$G = (6.643856 \log_{10} \bar{N}_L) - 3.288$	$N_L$ in mm <sup>-1</sup>
$G = (6.643856 \log_{10} P_L) - 3.288$	$P_L$ in mm <sup>-1</sup>
$G = (-6.643856 \log_{10} \bar{\ell}) - 3.288$	$\bar{\ell}$ in mm

**ANEXOS B9: Fuentes de potencia para corte arc air y electrodos para el corte  
(Manual de soldaduras del valle)**

**Tabla 15.5**  
**Fuentes de potencia para corte y acanalado con arco de carbono y aire**

Tipo de corriente	Tipo de fuente de potencia	Comentarios
cc	Motorgenerador, rectificador o unidad de reticula de resistores de corriente continua	Recomendada para electrodos de todos los tamaños
cc	Motorgenerador o rectificador de potencial continua	Recomendado sólo para electrodos de 6.4 mm (1/4 pulg) o de diámetro mayor. Puede originar depósitos de carbón en el caso de electrodos pequeños. No es adecuada para sopletes automáticos con control de voltaje.
ca	Transformador de corriente continua	Recomendado sólo para electrodos de ca.
ca o cc	Corriente continua	La cc alimentada por fuentes trifásicas de transformador-rectificador resulta satisfactoria, pero la cc de fuentes monofásicas produce arcos con características indeseables. La salida de ca de unidades ca/cc es satisfactoria siempre que se utilicen electrodos de ca.

**Tabla 15.6**  
**Recomendaciones de electrodos y corriente para corte de varias aleaciones con arco de carbono y aire**

Aleación	Tipo de electrodo	Tipo de corriente	Comentarios
Aceros al carbono, de baja aleación e inoxidables	cc	ccep	Apenas 50% tan eficiente como ccep
	ca	ca	
Hierros colados	ca	ccen	A la mitad del intervalo de corriente del electrodo
	ca	ca	
	cc	ccep	
Aleaciones de cobre: 60% de cobre o menos más de 60% de cobre	cc	ccep	A corriente máxima
	ca	ca	
Aleaciones de níquel	ca	ca	
	ca	ccen	
Aleaciones de magnesio	cc	ccep	Antes de soldar hay que limpiar la superficie. La extensión del electrodo no debe exceder 100 mm (4 pulg).
	cc	ccep	
Aleaciones de aluminio			Antes de soldar hay que limpiar la superficie.

**ANEXOS B10: Corriente para tipo de electrodos (Manual de soldaduras del valle)**

**Tabla 15.7**  
**Intervalos de corriente sugeridos para los tipos y tamaños de electrodos de CAC-A**

Diámetro del electrodo		Electrodo de cc con CCEP, A		Electrodo de ca con ca, A		Electrodo de ca con CCEN, A	
pulg	mm	min	máx	min	máx	min	máx
5/32	4.0	90	150	--	--	--	--
3/16	4.8	150	200	150	200	150	180
1/4	6.4	200	400	200	300	200	250
5/16	7.9	250	450	--	--	--	--
3/8	9.5	350	600	300	500	300	400
1/2	12.7	600	1000	400	600	400	500
5/8	15.9	800	1200	--	--	--	--
3/4	19.1	1200	1600	--	--	--	--
1	25.4	1800	2200	--	--	--	--

## ANEXOS B11: Catalogo soldexa sobre soldadura FCAW

<b>FCAW</b>		<b>SOLDEXA</b>							
<b>Acero al Carbono y Baja Aleación</b>									
			<b>EXATUB 81 Ni2</b>						
(Antes EXSATUB 81 Ni2)									
<p>El producto EXATUB 81 Ni2 es un alambre tubular para toda posición, produce depósitos de alta resistencia mecánica y excelentes propiedades al impacto a bajas temperaturas tanto después de soldado (as welded), como luego de un alivio de tensiones (stress relieved), esto se debe al cuidadoso equilibrio de los elementos aleantes agregados en el interior del alambre tubular. Trabaja con mezcla de Ar/CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, produce un arco suave fácilmente controlable con una transferencia similar al arco spray.</p> <p>La escoria es de fácil remoción que sujeta firmemente al charco fundido en soldaduras en posición. El porcentaje de Níquel mayor a 2% permite obtener buenas propiedades de impacto en el metal depositado.</p>									
<b>Clasificación</b>									
AWS A5.29 / ASME SFA-5.29		E81T1-Ni2C / E81T1-Ni2M							
<b>Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]</b>									
Gas de Protección	C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu
100% CO <sub>2</sub>	0,065	0,94	0,37	0,011	0,018	-	2,42	-	-
75%Ar / 25%CO <sub>2</sub>	0,065	1,06	0,42	0,012	0,016	-	2,40	-	-

### Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Gas de Protección	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-40°C) [J]
100% CO <sub>2</sub>	584 (85 000)	mín. 495 (72 000)	25	31
75%Ar / 25%CO <sub>2</sub>	680 (99 000)	mín. 618 (90 000)	20	37

**Gas de Protección:** Ar/CO<sub>2</sub> (80/20 ó 75/25), 100%CO<sub>2</sub>

<b>Conservación del Producto</b>	<b>Posiciones de Soldadura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener seco y evitar humedad.</li> </ul>	<p>P, H, Sc, Va.</p>

### Parámetros de Soldeo Recomendados

Diámetro [mm]	1,60					
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)					
Posición de soldadura	Plana, Filete, Horizontal		Vertical Ascendente		Sobrecabeza	
Amperaje [A]	180 - 400	275 (óptimo)	180 - 300	220 (óptimo)	180 - 310	240 (óptimo)
Voltaje [V]	25 - 34	28 (óptimo)	21 - 27	28 (óptimo)	24 - 30	28 (óptimo)
Velocidad de deposición (kg/h)	2,77 - 6,35		2,77 - 4,63		2,77 - 4,63	
Rendimiento (%)	87		86		86	



## ANEXO C

TABLA DE VALORES DE “t” DE STUDENT Y PROBABILIDADES “P” ASOCIADA EN FUNCIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERTAD “gl”

gl	P (de una cola)									
	0.4	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.326	31.596
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.706
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
Infinito	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

**ANEXOS D: Certificado de haber realizado los trabajos prácticos en la empresa  
STEEL ESTRUCTURAS.**

Grupo Industrial



Quito, 3 de octubre del 2014

**CERTIFICADO DE TRABAJO**

El que suscribe, GERENTE GENERAL de STEEL ESTRUCTURAS CÍA. LTDA, con RUC NUMERO: 1792268109001.

**CERTIFICA:**

Que, el Sr. Izurieta Gallo Alex Xavier, identificado con cédula de identidad 0502772510, se encuentra realizando **Prácticas para su tema de tesis de grado** desde el 22 de Agosto del 2014 hasta el momento.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, la persona interesada puede hacer uso del presente certificado como creyera conveniente, cumpliendo las normas legales.

Atentamente,



Ing. Santiago Quevedo Espín

**GERENTE GENERAL**

**Quito.**- Av. 9 de octubre 1601 y Av. Colón Edificio Plaza Colón 2 Piso 2 Oficina 25  
**Latacunga.**- Panamericana Norte Km 1 1/2 junto a la gasolinera del Sindicato de Choferes

Teléfono: 02 2905789  
Teléfono: 03 3049198