

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

TEMA:

“ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GMAW SOBRE ACERO ASTM A 36, A-500 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA DE BUSES

Trabajo de Investigación

Previo a la Obtención del Título De Ingeniero Mecánico

Autor: Juan Eduardo Velasteguí Zurita

Tutor: Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes

AMBATO - ECUADOR

Junio-2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigativo **“ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GMAW SOBRE ACERO ASTM A 36, A-500 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA DE BUSES”**, elaborado por el Señor Juan Eduardo velasteguí Zurita, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos.
- Está concluido y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Junio de 2014

Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas
TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

AUTORÍA DE LA TESIS

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de investigación con el tema: **“ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GMAW SOBRE ACERO ASTM A 36, A-500 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA DE BUSES”** nos corresponde exclusivamente a Juan Eduardo Velasteguí Zurita y al Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Tutor del Trabajo de Investigación; el Patrimonio Intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

Juan Eduardo Velasteguí Zurita

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres que gracias a sus palabras y esfuerzo he logrado salir adelante en mis estudios y cumplir mis metas

A mi Hermano, que me ha ayudado en lo que he necesitado ademas de compartir momentos especiales

AGRADECIMIENTO

A Dios. Por entregarme lo mas importante que es la salud

A mis Padres y hermano que me han guiado y gracias a ellos he conseguido lo que me he propuesto

A mis Amigos que me han apoyado en lo que he necesitado

A los Ingenieros de la carrera de Ingeniería mecánica que gracias a sus conocimientos pude cumplir todos mis objetivos

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

TÍTULO	I
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	IX
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
Capítulo I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Contextualización del problema.....	1
1.2.1 Análisis crítico.....	2
1.2.2 Prognosis.....	3
1.2.3 Formulación del problema.....	3
1.2.4 Preguntas directrices.....	3
1.2.5 Delimitación del problema.....	4
1.2.5.1 de contenido.....	4
1.2.5.2 espacial.....	5
1.2.5.3 temporal.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivo específico.....	6
Capítulo 2	
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.2 Fundamentación filosófica.....	8
2.3 Fundamentación legal.....	8
2.4 Red de categorías fundamentales.....	9
2.4.1 Fundamentación teórica.....	9
2.4.1.1 Ingeniería en materiales.....	9
2.4.1.2 Soldadura.....	10
2.4.1.3. Posiciones de soldadura.....	13
2.4.1.4. Tipos de soldaduras y de juntas soldadas.....	13
2.4.1.5. Designaciones.....	20
2.4.1.6. Metalurgia de la soldadura.....	21

2.4.1.7. Zonas metalúrgicas de la soldadura.....	22
2.4.1.8. Estructura del Grano.....	24
2.4.1.9. Forma del poso de soldadura.....	25
2.4.2.0 Velocidades de enfriamiento en la zona fundida.....	32
2.4.2.1. Ciclo térmico de la zona térmicamente afectada.....	33
2.4.2.2 Procesos de soldadura.....	35
2.4.2.3 Proceso SMAW.....	35
2.4.2.4. Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica.....	36
2.4.2.5. Elementos de un símbolo de soldadura.....	37
2.4.2.6. Electrodo(Generalidades).....	38
2.4.2.7. Variables principales del proceso SMAW.....	44
2.4.2.8. Soldadura GMAW.....	46
2.4.2.9 Soldadura MIG.....	50
2.4.3.0 Soldadura MAG.....	51
2.4.3.1 Ventajas de la soldadura MIG/MAG (GMAW).....	51
2.4.3.2. Acero Estructural.....	52
2.4.3.3 Normas ASTM.....	56
2.4.3.4 Propiedades Mecánicas del acero estructural.....	59
2.4.3.5. Ensayo de Tracción.....	60
2.4.3.6 Ensayo de dobléz.....	65
2.4.3.7 Ensayo Metalográfico.....	68
2.5. Hipótesis.....	71
2.6. Señalamiento de variables.....	72
2.6.1. Término de relación.....	72
 Capítulo 3	
3. METODOLOGÍA.....	73
3.1. Enfoque.....	73
3.2. Modalidad básica de la investigación.....	73
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	74
3.3.1. Exploratorio.....	74
3.3.2 Asociación de variables.....	74
3.4 Población y muestra.....	75
3.4.1. Población.....	75
3.4.2.- Muestra.....	75
3.5 Operacionalización de variables.....	77
3.6 Recolección de la información:.....	79
3.7 Procesamiento y análisis:.....	79
3.7.1 Plan de procesamiento.....	79
3.7.2. Análisis e interpretación de resultados.....	79
 Capítulo 4	
4. Análisis e interpretación de resultados.....	80

4.1.- Análisis de los resultados.....	80
4.1.1.- Proceso de obtención y análisis de resultados.....	80
4.2. Especificaciones material utilizado: acero astm a 36 y astm a-500.....	82
4.3. Interpretación de los resultados.....	173
4.3.1. Interpretación de los resultados del ensayo de tracción.....	173
4.3.2. Interpretación de los resultados del ensayo de tracción.....	186
4.3.3 Interpretación del ensayo metalográfico.....	192
4.3.4 Interpretación de datos.....	201
4.3.5 Verificación de la hipótesis.....	205
 Capitulo 5	
5.1. Conclusiones.....	214
5.1. Recomendaciones.....	215
 Capitulo 6	
6. Propuesta.....	217
6.1.- Datos informativos.....	217
6.2.- Antecedentes de la propuesta.....	218
6.3.- Justificación.....	218
6.4 Objetivos.....	219
6.4.1 Objetivos generales.....	219
6.4.2.- Objetivos específicos.....	219
6.5.- Análisis de factibilidad.....	220
6.6.- Fundamentación.....	220
6.7 Metodología.....	221
6.7.1 Control de calidad y corte del material.....	223
6.7.2 Preparación de la junta y técnica de soldadura.....	225
6.7.3 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta en T).....	227
6.7.4 Preparación de la junta y técnica de soldadura	229
6.7.5 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta en T)	231
6.7.6 Ensayo de dobléz guiado.....	233
6.7.7 Ensayo de Tracción.....	235
6.7.8 Ensayo Metalográfico.....	237
6.8 Administración.....	239
6.9. Prevención de la evaluación.....	240
6.10. Bibliografía	241

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Posiciones de soldadura.....	13
Figura 2.2 Soldadura de cordón	15
Figura 2.3 Movimientos de la soldadura ondeada	15
Figura 2.4 Soldadura de filete simple y de doble filete.....	16
Figura 2.5 Soldadura de ranura en corte transversal.....	16
Figura 2.6 Juntas a tope en bordes rectos.....	18
Figura 2.7 Juntas a tope en bordes achaflanados en V.....	18
Figura 2.8 Juntas a tope en bordes achaflanados en X.....	19
Figura 2.9 Juntas de solape	20
Figura 2.10 Juntas en ángulo y en T	20
Figura 2.11 Zonas metalúrgicas producidas en una junta soldada.....	23
Figura 2.12 Estructura de grano columnar en una soldadura laser de acero.....	24
Figura 2.13 Sección transversal de los cordones de soldadura en los que se aprecian inclusiones de escoria.....	25
Figura 2.14 Modelos de crecimiento competitivo en función del gradiente.....	26
Figura 2.15 Modelos de crecimiento competitivo en función del gradiente.....	26
Figura 2.16 Diagrama Hierro - Carbono	28
Figura 2.17 Microestructura Ferrita	30
Figura 2.18 Microestructura perlita	30
Figura 2.19 Estructura de la austenita en un acero al carbono.....	31
Figura 2.20 Estructura de la austenita en un acero al carbono.....	32
Figura 2.21 Principales componentes microestructurales del metal soldado de aceros de baja aleación; Las siglas GF, WF, AF, y PF se refieren a ferrita en el límite de grano (ferrita alotriomórfica), ferrita de Widmanstaetten, ferrita acicular (placas intragranulares) y ferrita poligonal (ferrita idiomórfica), respectivamente.....	35
Figura 2.22 Circuito eléctrico soldadura manual con arco eléctrico.....	36
Figura 2.23 Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica	37
Figura 2.24 Símbolo completo de soldadura	38
Figura 2.25 Electrodo revestido	39
Figura 2.26 Especificaciones del electrodo.....	42
Figura 2.27 Circuito de soldadura para el proceso SMAW	46
Figura 2. 28 Equipos para soldadura MIG-MAG	48
Figura 2. 29 Soldadura MIG	51
Figura 2. 30 a) Esfuerzos de tensión, compresión, cortante y flexión. b) Definición del módulo de Young para un material elástico. c) Para materiales no lineales se usa la pendiente de una tangente como variante que reemplaza el modulo de Young que es constante	59
Figura 2.31 Ensayo de Tracción	61
Figura 2.32 Curso esfuerzo ingenieril – deformación ingenieril para una aleación de aluminio62	
Figura 2. 33 (a) Determinación de la resistencia de cedencia con 0,2% de deformación convencional en el hierro colado gris y (b) puntos de cedencia superior e inferior de un acero al bajo carbono	64

Figura 2.34 Deformación localizada de un material dúctil durante un ensayo de tensión; se produce una región de cuello; En la fotografía se observa la parte del cuello en una muestra fracturada.....	65
Figura 2.35 Diferentes pruebas de dobléz.....	66
Figura 2.36 Dimensiones del dispositivo de pruebas para doblado.....	67
Figura 4.1 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de dobléz guiado del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a tope	182
Figura 4.2 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de dobléz guiado del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a filete.....	183
Figura 4.3 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de dobléz guiado del acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura por dobléz.....	184
Figura 4.4 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de dobléz guiado del acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura en v por dobléz.....	185
Figura 4.5 Comparación general del proceso SMAW y GMAW del ensayo de dobléz guiado del acero ASTM A 36 y A-500.....	186
Figura 4.6 Comparación de Resistencia a la Tracción (Sut), del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW.....	188
Figura 4.7 Comparación de Resistencia a la Tracción (Sut), del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW.....	189
Figura 4.8 Comparación del porcentaje de elongación (%EL) del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW.....	190
Figura 4.9 Comparación del porcentaje de elongación (%EL) del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW.....	191
Figura 4.10 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en el metal base del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	196
Figura 4.11 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en el ZAT del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	197
Figura 4.12 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en la soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	197
Figura 4.13 Comparación del porcentaje de Perlita en el metal base del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	198
Figura 4.14 Comparación del porcentaje de Perlita en el ZAT del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	199
Figura 4.15 Comparación del porcentaje de Ferrita Alotriomórfica en el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	199
Figura 4.16 Comparación del porcentaje de Ferrita Acicular en el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW.....	200
Figura 4.17 Comparación de los valores del porcentaje de probetas aprobadas del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas con el proceso SMAW y GMAW.....	207

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de los electrodos para el proceso SMAW	43
Tabla 2.2 Elección de la corriente eléctrica para soldadura.....	52
Tabla 4.1 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a tope con electrodo E-6011.....	171
Tabla 4.2 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a filete con electrodo E-6011.....	173
Tabla 4.3 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura por doblez soldadas con electrodo E-6011..	174
Tabla 4.4 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con electrodo E-6011.....	174
Tabla 4.5 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a tope con electrodo E-6011.....	175
Tabla 4.6 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a filete con electrodo E-6011.....	175
Tabla 4.7 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura por doblez soldadas con electrodo E-6011.....	176
Tabla 4.8 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con electrodo E-6011.....	176
Tabla 4.9 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a tope con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	177
Tabla 4.10 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a filete con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	177
Tabla 4.11 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	178
Tabla 4.12 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	178
Tabla 4.13 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a tope con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	179
Tabla 4.14 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a filete con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	179
Tabla 4.15 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	180
Tabla 4.16 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	180

Tabla 4.17 Resultados de todos los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW y GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 y A-500, soldadas con electrodo E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 respectivamente.....	181
Tabla 4.18 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011.	186
Tabla 4.19 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011.....	187
Tabla 4.20 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	187
Tabla 4.21 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.	187
Tabla 4.22 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011.	192
Tabla 4.23 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011.	192
Tabla 4.24 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	192
Tabla 4.25 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.....	193
Tabla 4.26 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011 en la ZAT y en el metal base	193
Tabla 4.27 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011 en la ZAT y en el metal base.	193
Tabla 4.28 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 en la ZAT y en el metal base.....	194
Tabla 4.29 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 en la ZAT y en el metal base.....	194
Tabla 4.30 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011 en el depósito de soldadura.....	194
Tabla 4.31 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011 en el depósito de soldadura.	195
Tabla 4.32 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 en el depósito de soldadura	195
Tabla 4.33 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 en el depósito de soldadura.....	195
Tabla 4.34 Comparación de todos los ensayos realizados a las juntas soldadas del Acero ASTM A 36 mediante el proceso SMAW y GMAW	205
Tabla 4.35 Comparación de todos los ensayos realizados a las juntas soldadas del Acero ASTM A-500 mediante el proceso SMAW y GMAW	206
Tabla 6.1 Análisis Económico del proyecto de investigación	239

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

Autor: Juan Eduardo Velasteguí Zurita

Tutor: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: Junio de 2014

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo muestra la investigación realizada en las juntas de acero ASTM A 36 y A-500 soldadas con electrodo AWS E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ sometidos a ensayos destructivos con el fin de comparar las propiedades mecánicas de las juntas, soldadas mediante el proceso de soldadura SMAW y GMAW.

Los ensayos que se efectuaron fueron los de doblez guiado, tracción y análisis metalográfico en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional así como también en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para determinar la resistencia de las juntas soldadas de los procesos de soldadura SMAW y GMAW del acero ASTM A 36 y A-500.

Al evaluar los resultados obtenidos se determinó el mejor proceso de soldadura según el acero utilizado en la fabricación de la estructura del bus. En este caso las juntas soldadas mediante el proceso GMAW del acero ASTM A 36 así como también las juntas soldadas mediante el proceso SMAW del acero ASTM A-500 son los que presentaron mejores propiedades mecánicas.

Al Obtener el mejor proceso según el acero utilizado en la fabricación de buses se realizó el procedimiento de soldadura para dichos procesos (WPS) en donde encontramos detallados todos los parámetros de soldadura requeridos en la fabricación de los buses.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Tema

ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GMAW SOBRE ACERO ASTM A 36, A-500 Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA DE BUSES.

1.2. Contextualización del problema

A nivel mundial Brasil es uno de los países mas importantes en lo que se refiere a fabricación de carrocerías de buses ya que sus empresas se encuentran tecnológicamente muy bien equipadas con los equipos adecuadas para unos acabados excelentes ya que utilizan diferentes procesos de soldadura como el GMAW que garantiza una buena resistencia de la estructura del bus. Por consiguiente la soldadura en uno de los procesos de fabricación mas utilizados para la unión de elementos estructurales especialmente en uno de los sectores mas extensos que existe en la actualidad como es el caso de las carrocerías, ya que gracias al desarrollo de nuevas técnicas, la soldadura sustituyo al atornillado y al remachado que se utilizaban antiguamente sin embargo cabe señalar que la soldadura produce transformaciones estructurales importantes en el metal utilizado durante la fabricación de la estructura de los buses especialmente debido a cambios en la composición y transformaciones de fase durante la solidificación y enfriamiento, las mismas que deben ser bien entendidas para estar en posibilidad de diseñar y producir soldaduras confiables que garantizaran la durabilidad de la carrocería.

En nuestro país todavía existe un desconocimiento de nuevos procesos y materiales utilizados en la construcción de un bus, especialmente por los altos costos de importación en lo que se refiere a tecnología, en varias universidades se han hecho estudios de las soldaduras pero no aplicado a la industria de la carrocería.

En la provincia de Tungurahua la mayoría de las empresas del clúster carrocerero utilizan el proceso de soldadura SMAW por ser el mas económico y difundido ya que las juntas soldadas, independientemente del proceso de unión, se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieren los servicios a los que se van a destinar. Existen varias organizaciones gubernamentales y privadas que se han preocupado de establecer estándares para diseñar y controlar la calidad de la soldadura, tales como AWS, ASTM, ASME, API, entre las más difundidas. En el caso de construcción Estructural en el sector carrocerero los estándares más usados es el AWS D1.3 que nos garantizan resultados confiables.

1.2.1 Análisis crítico

El efecto de la globalización y requerimiento del cumplimiento de normas y reglamentos técnicos de fabricación para unidades de transporte público (INEN RTE 038, RTE 041, RTE 043 y NTE 1323) por la industria carrocera nacional; así como la necesidad de los clientes de obtener un producto con altos estándares de calidad, resistencia, tenacidad, estética y seguridad, obliga a que partes y accesorios que utilizan dichas unidades, sean importadas o que a su vez se compren en el mercado nacional a costos elevados por aranceles en el primer caso y porque a pesar de ser de fabricación nacional la importación de la materia prima hace que se eleven los costos de adquisición.

Las personas que trabajan en estos talleres artesanales de ensamble de carrocerías carecen de conocimientos de parámetros mediante los cuales se puede mejorar las propiedades de las juntas soldadas por medio de soldadura SMAW O GMAW dependiendo del material utilizado. Por consiguiente es muy importante analizar el proceso de soldadura que nos proporcione una mayor seguridad en la construcción de

las carrocerías para buses para obtener de esta manera un producto confiable y duradero. A nivel del clúster carrocerero, una manera de conseguir lo mencionado es mejorando e implementando soldadores calificados para que se tenga un buen cordón de soldadura y así los defectos sean mínimos o casi nulos.

1.2.2 Prognosis

Al realizar el presente estudio de soldaduras mediante procesos SMAW Y GMAW en la estructura para buses se determinó e identificó cual de estos tipos de soldadura nos proporciona una mayor confiabilidad en las uniones soldadas de la carrocería alargando la vida útil de la misma y proporcionando una mayor seguridad a los ocupantes de dicho servicio, ya que si no se realiza este tipo de estudio no se podrá determinar las propiedades mecánicas resultantes del proceso de soldadura SMAW y GMAW con electrodos E-6011, alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 respectivamente por consiguiente se seguirán haciendo soldaduras con características mecánicas no tan buenas, generando una estructura susceptible al colapso ya que cuando un material no es soldado adecuadamente termina produciéndose corrosión ocasionando el deterioro de los materiales utilizados.

1.2.3 Formulación del problema

¿ El estudio de la soldadura mediante procesos SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36 Y A-500 determinará cual de estos procesos es el mas adecuado para la fabricación de la estructura de los buses?

1.2.4 Preguntas directrices

¿Qué parámetros intervienen en los procesos de soldadura SMAW y GMAW de los aceros bajos en carbono.?

¿Cómo se determinará las propiedades mecánicas (doblez guiado, metalografía, tracción) de juntas soldadas del acero ASTM A 36 y A-500 mediante el proceso SMAW con electrodos E-6011?

¿Cómo se determinará las propiedades mecánicas (doblez guiado, metalografía, tracción) de juntas soldadas de acero ASTM A 36 y A-500 mediante el proceso GMAW con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂?

¿De qué manera variará la resistencia a la tracción de las juntas soldadas del acero ASTM A 36 y A-500 al ser sometidos a los procesos SMAW y GMAW soldadas con electrodo E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ respectivamente ?

¿Qué tipo de soldadura es la más recomendable para la estructura de buses?

¿Cómo varía la estructura metalográfica de los aceros al ser soldados con electrodos E-6011 y alambre ER70S-6?

1.2.5 Delimitación del problema

1.2.5.1 de contenido

La presente investigación se llevó a cabo en los parámetros científicos de investigación dentro del campo de la Ingeniería Mecánica con el estudio en diferentes áreas como son los Procesos de Manufactura, Ingeniería de Materiales, soldadura siendo estas las materias principales; y tomando en consideración como fuentes de consulta el internet y varios libros de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Aspecto: Procesos de manufactura

Área: Soldadura

Campo: Ingeniería Mecánica

1.2.5.2 Espacial

El estudio de la soldadura mediante procesos SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36 y A-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en la estructura para buses se desarrolló en el Laboratorio de La Escuela Politécnica Nacional así como también en el laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica dentro de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi.

1.2.5.3 Temporal

El estudio se lo realizó en un período que comprende los meses de Abril del 2013-Junio del 2014, tiempo en el cual se determinó todos los parámetros que fueron necesarios para una correcta información sobre el estudio desarrollado.

1.3 Justificación

Dentro de la evolución de la industria carrocería la soldadura ha desempeñado un papel importante y significativo, debido a que los procesos de manufactura inmersos en ella emplean masivamente sus técnicas en diversas formas. El análisis de la soldadura mediante procesos SMAW y GMAW en la estructura para buses resulta muy importante debido a que se necesita saber el comportamiento de estos 2 procesos de soldadura en las juntas soldadas de la carrocería pretendiendo apreciar cual de estas nos otorgan mejores propiedades mecánicas y poder lograr elementos estructurales con un mejor desempeño ya que al construir una carrocería se tienen en cuenta exigencias que van encaminadas a mejorar las prestaciones y proteger a los ocupantes. Con este estudio se pudo apreciar las diferencias entre juntas, soldadas con los procesos SMAW y GMAW y verificar cual de estas nos otorgan mejores propiedades mecánicas. La información obtenida ayudó a las personas que trabajan

en la construcción de carrocerías ya que dió resultados confiables de las consecuencias que ocasionan el uso de estos 2 procesos de soldadura. Este estudio fue factible de realizarlo, se contó con la bibliografía, talleres y equipos necesarios para el desarrollo del mismo, además se contó con el personal calificado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

ANALIZAR LA SOLDADURA MEDIANTE PROCESOS SMAW Y GMAW SOBRE ACERO ASTM A 36 y A-500 EN LA ESTRUCTURA PARA BUSES

1.4.2 Objetivo específico

- Investigar los parámetros que intervienen en los procesos de soldadura SMAW y GMAW de los aceros bajos en carbono.
- Determinar las propiedades mecánicas de las juntas soldadas mediante el proceso de soldadura SMAW del acero ASTM A 36 y A-500 con electrodos E-6011.
- Determinar las propiedades mecánicas de las juntas soldadas mediante el proceso de soldadura GMAW del acero ASTM A 36 y A-500 con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂.
- Analizar la resistencia a la tracción y la estructura metalográfica de las juntas de los aceros ASTM A 36 y A-500 resultantes de los dos procesos de soldadura.
- Evaluar las juntas soldadas sobre los aceros ASTM A 36, A-500 mediante el proceso SMAW y GMAW y su incidencia en las propiedades mecánicas mediante la norma AWS D1,3.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Revisada información que se relacione con el tema se pudo encontrar algunos trabajos realizados con la siguiente descripción:

Fuente: Tesis

Autores: Ayala Ochoa Daniel Alejandro, Mosquera Recalde Galo Eduardo

Año de Publicación: 2011

Lugar: Quito, Escuela Politécnica Nacional.

Tema: Análisis de la zona afectada por el calor en aceros hipereutectoides

Repositorio Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3744>

Fuente: Tesis

Autor: Medrano Carvajal Jorge Rodrigo

Año de Publicación: 2006

Lugar: Quito, Escuela Politécnica Nacional.

Tema: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de las juntas soldadas de aceros inoxidables austeníticos mediante tratamientos térmicos.

Repositorio Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/439>

Fuente: Tesis

Autores: Meléndez Villegas Alexandra Belén ,QuelalQuelal Victoria de Rocío

Año de Publicación: 2009

Lugar: Sangolquí, ESPE Facultad de Ingeniería Mecánica.

Tema: Análisis y resultados del comportamiento de los esfuerzos residuales y las deformaciones en juntas soldadas a tope de acero A36, aplicando el método SMAW con electrodos E6011

2.2 Fundamentación filosófica

El avance científico cada vez va creciendo, la ingeniería de materiales se ha desarrollado de una manera sorprendente por lo que el Ingeniero Mecánico debe investigar especialmente acerca de los procesos de soldadura mas adecuado dentro del sector carrocerero ya que la mayoría de los carrocerías artesanales utilizan procesos rudimentarios que se ven reflejados en una estructura con uniones soldadas deficientes, que podrían reducir la vida útil de la estructura de los buses.

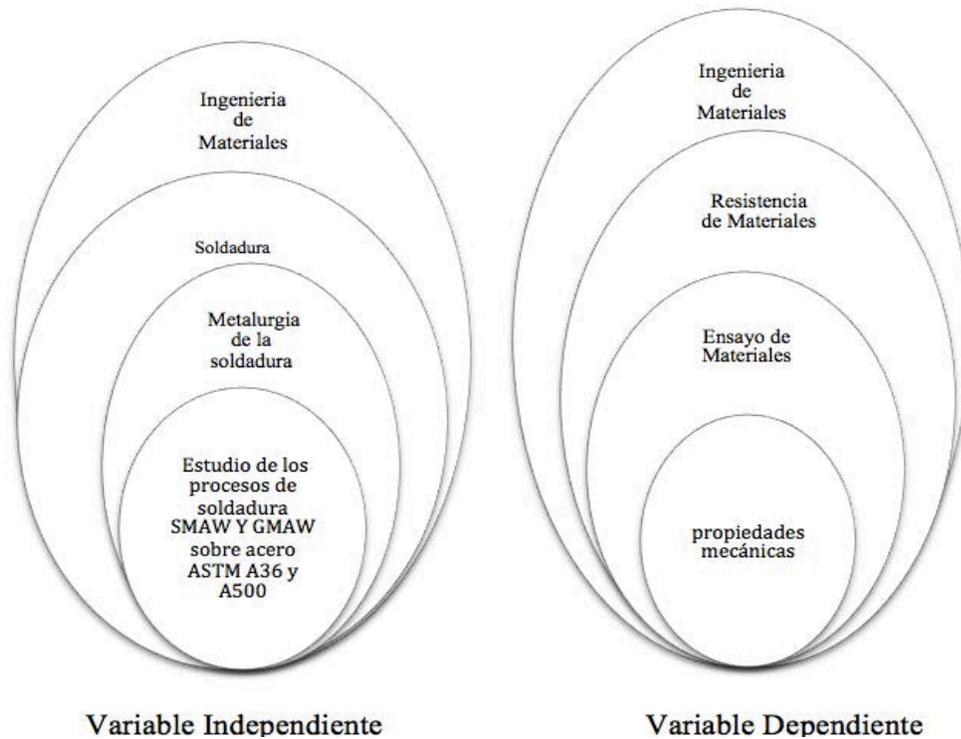
Con este tipo de estudio se realizó un aporte a la investigación en el área de materiales y benefició al sector carrocerero a evitar fallas en la carrocería del bus.

2.3 Fundamentación legal

El presente trabajo se sustentó en lo enmarcado principalmente en las Normas:

- Norma AWS D1.3 (American National Standard 2008)
- Norma ASTM E-3 (American Association State)
- Norma ASTM E-8 (American Association State 2003)
- Normas (NEN RTE 038, 041, 043 y NTE 1323 ,)
- Norma AISI (American Iron and Steel Institute)
- Norma ASTM A36 Y A500

2.4 Red de categorías fundamentales



2.4.1 Fundamentación teórica

2.4.1.1 Ingeniería en Materiales

"La ingeniería de los materiales se fundamenta en las relaciones propiedades-estructura y diseña o proyecta la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades" (Callister, 2003). Normalmente la estructura de un material se relaciona con la disposición de sus componentes internos. La estructura subatómica implica a los electrones dentro de los átomos individuales y a las interacciones con su núcleo. Todas las propiedades importantes de los materiales sólidos se agrupan en seis categorías: mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas. La noción de "propiedad" necesita cierta elaboración. Un material en servicio está expuesto a estímulos externos que provocan algún tipo de respuesta. Por ejemplo, una muestra sometida a esfuerzos experimenta deformación; o un metal

pulido refleja la luz. Las propiedades de un material se expresan en términos del tipo y magnitud de la respuesta a un estímulo específico impuesto. Las definiciones de las propiedades suelen ser independientes de la forma y del tamaño del material.

A menudo el problema que se presenta es la elección del material más idóneo de entre los muchos miles de materiales disponibles. Existen varios criterios en los cuales se basa normalmente la decisión final. En primer lugar, deben caracterizarse las condiciones en que el material prestará servicio (edificios, carrocerías, estructuras, etc.) , y se anotarán las propiedades requeridas por el material para dicho servicio. En raras ocasiones un material reúne una combinación ideal de propiedades, por lo que, muchas veces, habrá que reducir una en beneficio de otra. El ejemplo clásico lo constituyen la resistencia y la ductilidad; generalmente, un material con alta resistencia tiene ductilidad limitada. En estas circunstancias habrá que establecer un compromiso razonable entre dos o más propiedades. La segunda consideración se refiere a la degradación que el material experimenta en servicio. Por ejemplo, las elevadas temperaturas y los ambientes corrosivos disminuyen considerablemente la resistencia mecánica. Finalmente, la consideración más convincente es probablemente la económica. (Callister, 2003)

2.4.1.2 Soldadura

"Existen varias definiciones de soldadura. La Sociedad Americana de soldadura AWS, define a la soldadura como una coalescencia localizada del metal, en donde esa coalescencia se produce por el calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin aplicación de presión y con o sin utilización del metal de aporte para producir la unión localizada a través de fusión o re cristalización a lo largo de la intercara"
(Pastor Mario)

"El término soldadura también lo podemos definir como la unión mecánicamente resistente de dos o más piezas metálicas diferentes".(Rodríguez Pedro)

La primera manifestación de ello, aunque poco tiene que ver con los sistemas modernos, se remonta a los comienzos de la fabricación de armas. Los trozos de hierro por unir eran calentados hasta alcanzar un estado plástico, para ser así fácilmente deformados por la acción de golpes sucesivos. El calor necesario para unir dos piezas metálicas puede obtenerse a través de distintos medios. Podemos definir dos grandes grupos. Los sistemas de calentamiento por combustión con oxígeno de diversos gases (denominados soldadura por gas), y los de calentamiento mediante energía eléctrica (por inducción, arco, punto, etc.). Las uniones logradas a través de una soldadura de cualquier tipo, se ejecutan mediante el empleo de una fuente de calor (una llama, un sistema de inducción, un arco eléctrico, etc.). Para rellenar las uniones entre las piezas o partes a soldar, se utilizan varillas de relleno, denominadas material de aporte o electrodos, realizadas con diferentes aleaciones, en función de los metales a unir. (Rodríguez, 2009)

En la práctica industrial pueden existir dos tipos de soldaduras; las homogéneas en cuyo caso existen diferencias de composición entre las partes a soldar y el metal de aporte. Cuando el metal de soldadura es completamente compatible con el metal base, se producen las siguientes ventajas en la soldadura:

- Composición química uniforme
- Excelente compatibilidad de propiedades físicas tales como color, densidad y conductividades térmica y eléctrica
- Iguales propiedades mecánicas en la junta soldada y en el metal base después del tratamiento térmico posterior a la soldadura.

El metal de aporte solo se puede emplear si este y el metal base son compatibles (en términos de la estructura cristalina) y si existe un contacto átomo-átomo (que es posible solo si las superficies están limpias y libres de material extraño). Siempre que se funde el metal base se tiene una mezcla de los metales base y el metal de aporte. También es posible que el calor aplicado a la zona de soldadura afecte la estructura y por lo tanto, las propiedades del metal base próximo a la soldadura. El metal base

modificado de esta manera se llama zona afectada térmicamente (ZAT). Si los metales base no son compatibles, es necesario emplear un proceso apropiado sin llegar a la fusión del metal base o un metal de aporte que sea diferente a los de base, pero que sea compatible con ellos.

El metal de aporte puede tener un punto de fusión aproximadamente igual al de los metales base (como en la soldadura por arco o con gas) o puede ser mas bajo pero siempre superior a 450°C como en la soldadura fuerte.

La soldadura esta constituida por dos componentes muy bien definidos. Estos son el metal base y el metal de aporte. Cada uno de estos componentes influye de forma muy significativa sobre la composición, la estructura y las propiedades de la junta soldada.

El metal base es aquel del que están constituidas las piezas a ser soldadas. El metal de aporte es el material que se usa como relleno entre las piezas a ser soldadas.(Pastor, Introducción a la metalurgia de la soldadura)

Todos los metales son soldables siempre que se apliquen el procedimiento y la técnica adecuados. En ocasiones fracasa el intento de soldar metales porque se ha pasado por alto uno de estos dos factores, ya sea el procedimiento correcto o la técnica adecuada. Empero, si el ingeniero y el soldador comprenden la composición, la estructura y las propiedades de un metal, estarán en posibilidad de diseñar y hacer mejores soldaduras.

Esto pone de relieve la estrecha relación que existe entre la metalurgia de un metal y su soldabilidad o habilidad para dejarse soldar.

2.4.1.3. Posiciones de soldadura

Designación de acuerdo con ANSI/AWS A 3.0-85.

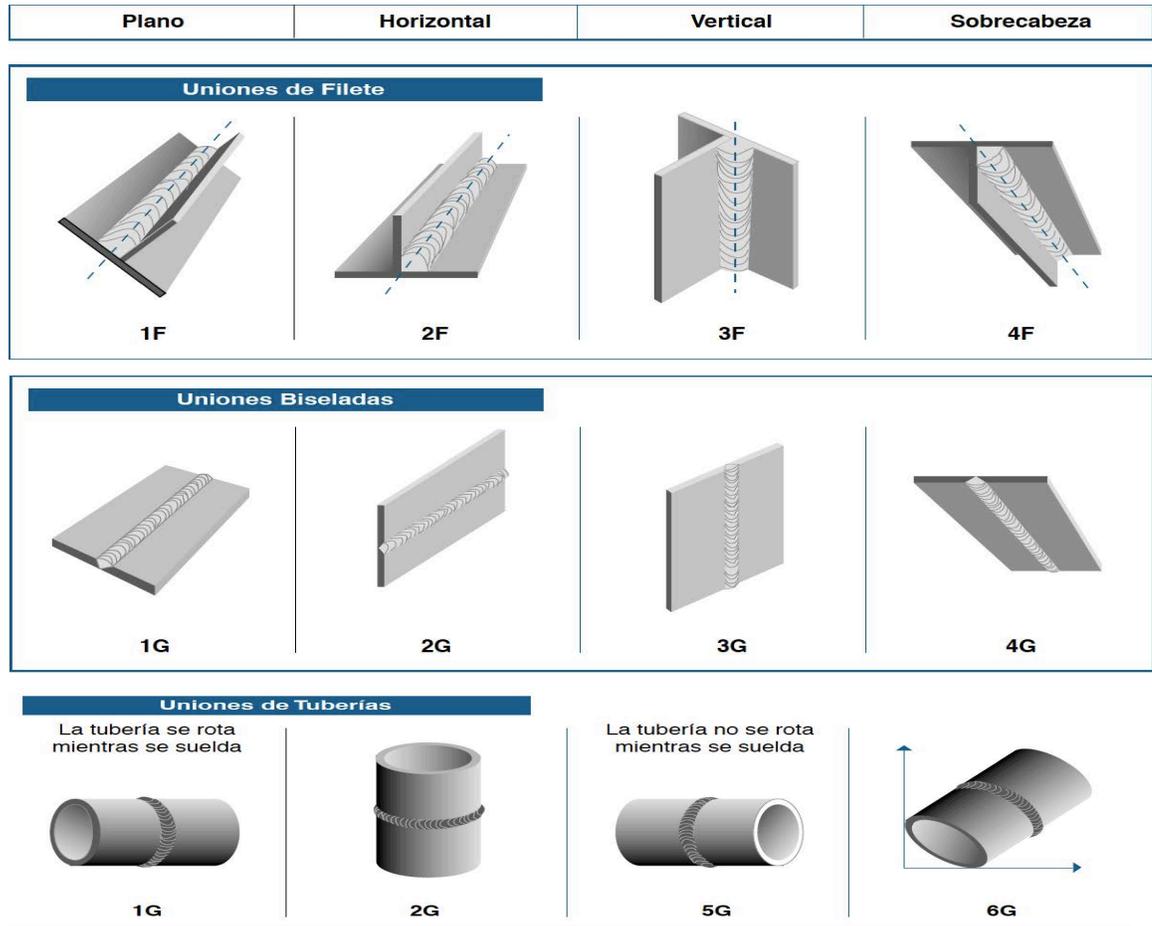


Figura 2.1 Posiciones de soldadura

(Fuente: Catalogo Indura)

2.4.1.4. Tipos de Soldaduras y de juntas soldadas

Las juntas soldadas, independientemente del proceso de unión, se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieren los servicios a los que se va a destinar. Debe tomarse en consideración la manera en la que ha de explicarse el esfuerzo de servicio, ya sea de tensión, de corte, de flexión o torsión. Pueden requerirse diferentes diseños, según que la carga sea estática o dinámica, así como

cuando interviene la fatiga. Las juntas pueden diseñarse con miras a reducir o eliminar los elevadores de esfuerzo y para obtener un patrón aceptable de esfuerzos residuales.

Las juntas que han de estar sujetas a corrosión o a erosión deben hacerse de tal manera que no presenten irregularidades, hendiduras ni otros defectos que las hagan susceptibles a tales formas de ataque.

El diseño debe tener también en cuenta la eficiencia de la junta, la cual se define como la relación entre la resistencia de la junta a la del metal base, y se expresa generalmente como porcentaje. (Horwittz, 2002)

Tipos de Soldadura

Uno de los aspectos del diseño de juntas es el correspondiente al tipo de soldadura que se utiliza en la junta. Existen cinco tipos básicos de soldadura: la de cordón, la ondeada, la de filete, la de tapón y la de ranura.

La selección del tipo de soldadura está tan ligada a la eficiencia de la junta como el diseño de esta. Se elige un tipo de soldadura con preferencia sobre otro por razón de su relación específica con la eficiencia de la junta.

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 se emplea para juntas

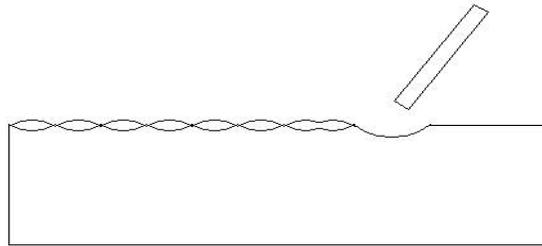


Figura 2.2 Soldadura de cordón

(Fuente: H.Horwitz. 2002. Pág. 13)

Las soldaduras ondeadas se logran haciendo un cordón con algo de movimiento hacia uno y otro lado. El ancho del cordón depende del diseño o de 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.

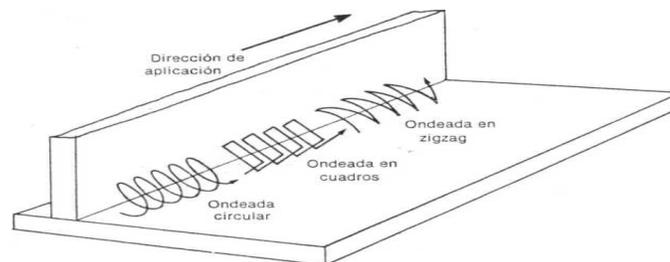


Figura 2.3 Movimientos de la soldadura ondeada

(Fuente: H.Horwitz. 2002 Pág. 13)

Las soldaduras de filete son similares a las de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que estas, y a menudo se las prefiere en condiciones similares por razones de economía pero las soldaduras de un solo filete no son a veces tan resistentes como las soldaduras de ranura. Si bien una soldadura de doble filete se compara favorablemente en cuanto a resistencia. Las juntas soldadas de filete son simples de

preparar desde el punto de vista de preparación y ajuste del borde, aunque a veces requieren de mas soldadura que las juntas soldadas de ranura. Las soldaduras de filete se combinan a menudo con otras soldaduras para mejorar las distribuciones de esfuerzo.

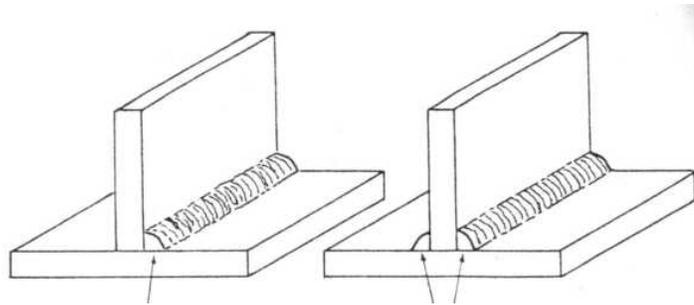


Figura 2.4 Soldadura de filete simple y de doble filete

(Fuente: H.Horwitz. 2002 Pág. 14)

Las soldaduras de ranura 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.



Figura 2.5 Soldadura de ranura en corte transversal

(Fuente: H.Horwitz. 2002 Pág. 14)

Sin embargo, un soldador debe estar preparado para hacerlas en cualquiera de las posiciones usuales de soldar: Plana, horizontal, vertical y hacia arriba. La posición plana por supuesto es la mas fácil. El metal fundido se mantiene en posición (hasta que comienza a solidificarse) por la fuerza de gravedad. Esta posición permite también lograr los máximos regimenes de depósito.

La siguiente en cuanto a facilidad de aplicación es la soldadura horizontal, en la cual la fuerza de la gravedad ayuda también en cierto grado.

A la soldadura que se efectúa en posiciones diferentes a la plana (y en ocasiones a la horizontal) se le llama soldadura hecha fuera de posición y requiere con frecuencia la aplicación de técnicas manipulativas y de electrodos que permitan una solidificación mas rápida del metal fundido y de la escoria, para contrarrestar el efecto de la gravedad. (Horwittz, 2002)

Tipos de Juntas

Generalmente se presentan 3 tipos de juntas como las siguientes:

- 1.- Juntas a tope
- 2,- Juntas de solape
- 3,- Juntas en ángulo

1.- Juntas a tope

Son aquellas donde los bordes de las chapas a soldar, se tocan en toda su extensión, formando un ángulo de 180° entre si, este tipo de juntas se efectúa en todas las posiciones, las juntas a tope a su vez, se subdividen en:

- a) Juntas a tope en bordes rectos
- b) Juntas a tope en bordes achaflanados en V
- c) Juntas a tope en bordes achaflanados en X

a) Juntas a tope en bordes rectos: "Son juntas donde el borde de las chapas no requiere preparación mecánica. Es usado este tipo de juntas, en la unión de chapas no mayores de 6mm de espesor, también se considera esta junta para piezas que no sean sometidas a grandes esfuerzos. " (Gaxiola – Maya) cuando el espesor de la chapa pase de 3mm, la separación será determinada por el diámetro del núcleo del electrodo.

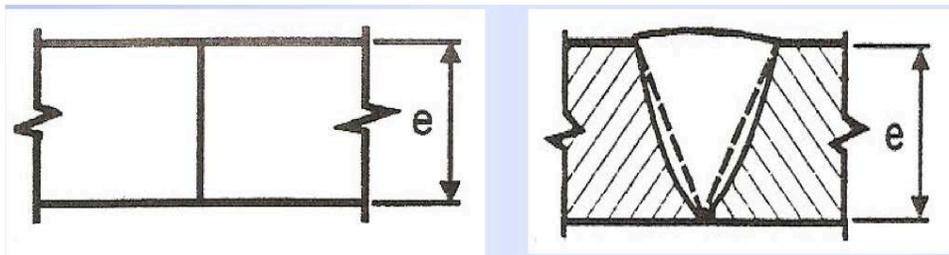


Figura 2.6 Juntas a tope en bordes rectos

(Fuente: Ing. Patricia L. Aular manual de soldadura disponible en <http://www.slideshare.net/>)

b) Juntas a tope en bordes achaflanados en V

“Son juntas en las cuales los bordes de las piezas a soldar, requieren preparación mecánica, de tal forma que al unirlos, formen una V entre si. Es necesario este tipo de juntas en la soldadura de piezas cuyo espesor varía entre 6 y 12 mm, mediante esta preparación se logra la buena penetración de soldadura, así como también el completo relleno de toda la sección. Este tipo de juntas es frecuente en todas las posiciones”(Gaxiola – Maya.)

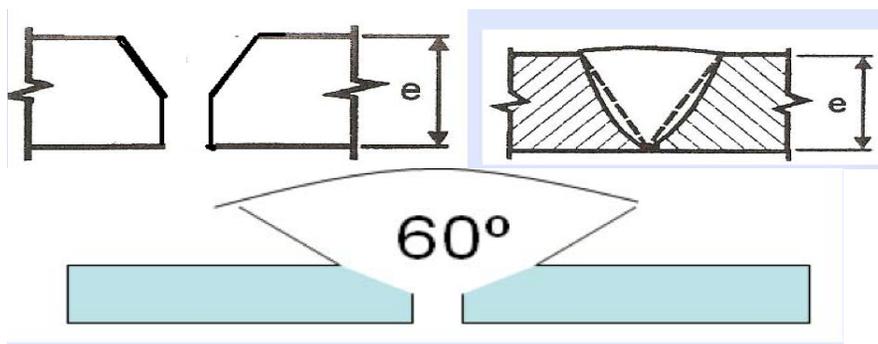


Figura 2.7 Juntas a tope en bordes achaflanados en V

(Fuente: Ing. Patricia L. Aular manual de soldadura disponible en <http://www.slideshare.net/>)

c) Juntas a tope en bordes achaflanados en X

Se refiere este tipo de juntas, a la preparación mecánica que se efectúa por ambos lados de la pieza a soldar, de tal forma que al unir dichos lados, formen una X entre si. Este tipo de juntas es frecuente, en uniones de piezas que serán sometidas a grandes esfuerzos. Se aplica para todas las posiciones, y en chapas que sobrepasan los 18mm de espesor, las mismas pueden ser soldadas con facilidad por ambos lados

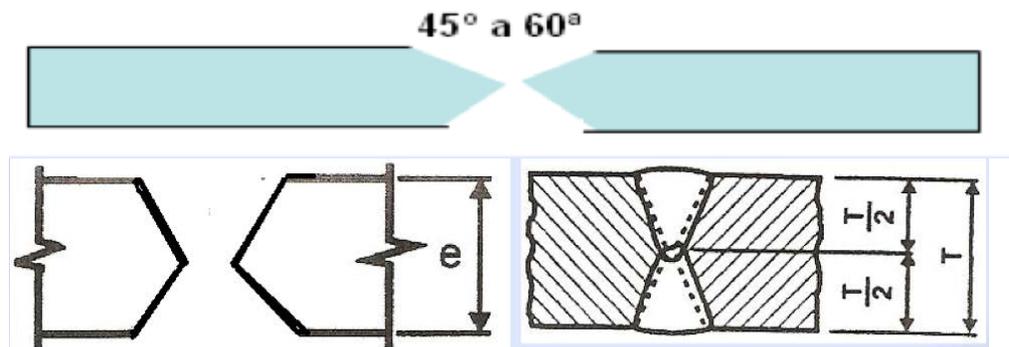


Figura 2.8 Juntas a tope en bordes achaflanados en X

(Fuente: Ing. Patricia L. Aular manual de soldadura disponible en <http://www.slideshare.net/>)

2.- Juntas de solape

En este tipo de juntas, los bordes de las chapas, no requieren preparación mecánica ya que los mismos van superpuestos. El ancho de la solapa dependerá del espesor de la chapa. Para chapas de 10 mm de espesor, la solapa será de 40 a 50 mm, para espesores de 11 a 20 mm la solapa será de 60 a 70 mm. Cuando la pieza a soldar no debe sobrepasar grandes esfuerzos mecánicos, no será necesario soldar ambos lados de la solapa. A este tipo de juntas, pertenecen también las uniones con cubrejuntas de esfuerzos, y las hay sencilla y dobles. Como su nombre lo indican sirven para reforzar las uniones a tope.

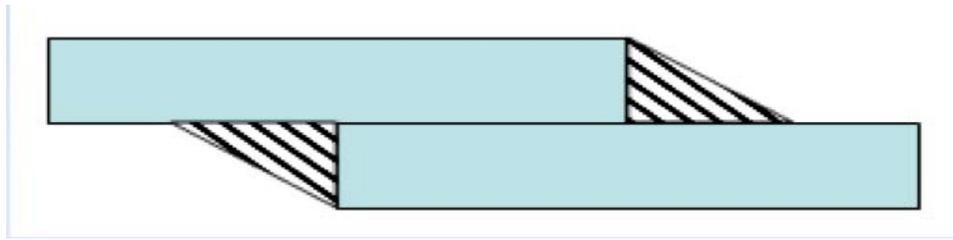


Figura 2.9 Juntas de solape

(Fuente: Ing. Patricia L. Aular manual de soldadura disponible en <http://www.slideshare.net/>)

3.- Juntas en Angulo y en T

Son juntas donde las piezas debido a su configuración, forman ángulos interiores y exteriores, en el punto a soldar. Debido a esta particularidad, los bordes no requieren preparación mecánica. (Maya, 2010)

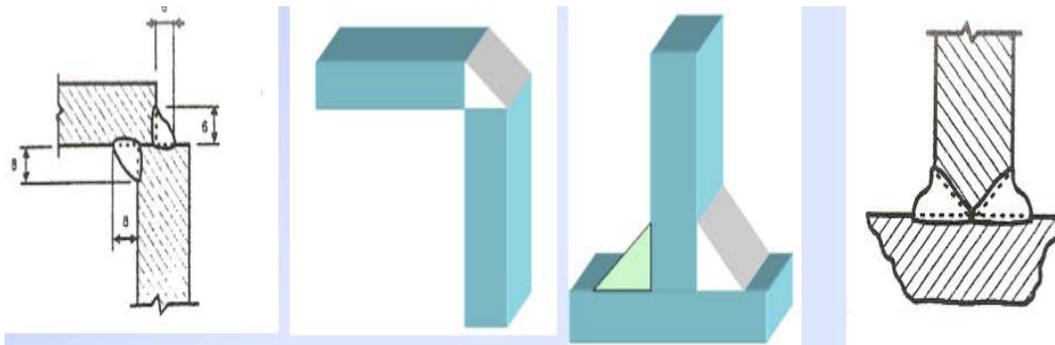


Figura 2.10 Juntas en ángulo y en T

(Fuente: Ing. Patricia L. Aular manual de soldadura disponible en <http://www.slideshare.net/>)

2.4.1.5. Designaciones

La American Welding Society es una de las organizaciones que se ha preocupado por establecer normas específicas para soldadura las mismas que han sido ampliamente aceptadas a nivel mundial. Los métodos de soldadura que se utilizan actualmente son muchos y muy variados; cada uno de estos métodos ha sido caracterizado y designado

por la AWS de la siguiente forma:

SMAW (Shielded Metal Arc Welding; Soldadura Arco Metálico con electrodo Revestido.)

SAW (Sumerged Arc Welding; Soldadura de Arco Sumergido.)

ST (Spray Transfer; Pulverización de Metal).

GMAW (Gas Metal Arc Welding, Soldadura de Arco Metálico Protegido con Gas)

FCAW (Flux Cored Arc Welding; Soldadura de Arco Fundente en el Núcleo.)

GTAW (Gas Tungsten Arc Welding; Soldadura con Electrodo de Tungsteno Protegida con Gas.)

PAW (Plasma Arc Welding; Soldadura por Arco de Plasma.)

ESW (Electro Slag Welding; Soldadura por Electro-Escoria.)

EGW (Electro Gas Welding; Soldadura de Arco Eléctrico Protegido con Gas.)

RW (Resistance Welding; Soldadura por Resistencia.)

OFW (Oxifuel Welding; Soldadura de Combustible con Oxígeno)

DFW (Diffusion Welding; Soldadura por Difusión.)

FRW (Friction Welding; Soldadura por Fricción.)

EBW (Electrón-Beam Welding; Soldadura por Haz de Electrones.)

LBW (Laser Beam Welding; Soldadura por Láser.)

S (Soldering; Soldadura Blanda, Aleación Plomo Estaño) (Pastor, Introducción a la metalurgia de la soldadura)

2.4.1.6. Metalurgia de la soldadura

"En la práctica industrial de la soldadura, el metal de aporte rara vez resulta idéntico al metal base. Esta diferencia de composición y las características de distribución de calor en la junta soldada resultan en un compuesto heterogéneo consistente de hasta seis zonas metalúrgicas distintas" (Pastor Mario).

Existe un amplio acuerdo entre los múltiples autores de la literatura técnica contemporánea de que una soldadura típica consiste de:

- La zona compuesta
- La zona no mezclada
- La intercara de la soldadura
- La zona parcialmente fundida
- La zona termicamente afectada
- El metal base no afectado

2.1.4.7. Zonas metalúrgicas de la soldadura

La zona compuesta.- Es la región en donde el metal de soldadura y el metal base se encuentran fundidos formando la zona de fusión. Así por ejemplo, cuando se realiza una soldadura en hierro fundido con electrodos de níquel, el pozo de soldadura esta compuesto por una mezcla líquida homogénea de níquel disuelto en el metal base de hierro gris.

La zona no mezclada.- Es una región muy estrecha que rodea la zona compuesta. Consiste de una capa limite de metal base fundido que se solidifica antes de experimentar ninguna mezcla en la zona compuesta. El espesor de esta región esta usualmente en el rango de unas pocas decenas de micrones a 2.5mm, dependiendo del proceso de soldadura y de la velocidad de enfriamiento. La composición del metal en la zona no mezclada es sustancialmente igual a la del metal base. Aunque la zona no mezclada se encuentra presente en todas las soldaduras, solo puede ser observada claramente en aquellas soldaduras donde el metal de aporte es muy diferente del metal base

La intercara de la soldadura.- En esta región se delinea claramente el limite entre el metal base no fundido y el metal de soldadura. Esta región puede observarse mediante ataque químico en soldadura en las que el contenido de aleación y el rango de solidificación entre líquidos y solidos son grandes.

La zona parcialmente fundida.- Se encuentra en el metal base. Es la región

inmediatamente adyacente a la intercara de la soldadura en donde alguna fusión localizada puede ocurrir. Esta fusión localizada ocurre frecuentemente debido a que muchas aleaciones contienen inclusiones de bajo punto de fusión o segregaciones en los límites de grano.

Cuando estas regiones microscópicas se funden se extienden desde la intercara de la soldadura hacia la zona parcialmente fundida.

La zona térmicamente afectada.- Es la región de la soldadura que experimenta temperaturas pico suficientemente altas como para producir cambios micro estructurales en estado sólido pero no tanto para producir la fusión.

El metal base no afectado.- Es aquella región de la pieza soldada en la que no ha ocurrido ningún cambio de microestructura. Aunque en esta región no se producen cambios micro estructurales, el ciclo térmico impuesto por la soldadura puede producir importantes tensiones residuales de contracción longitudinal y transversal. (Pastor, Curso-Taller de inspección de soldadura en estructura de buses Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)

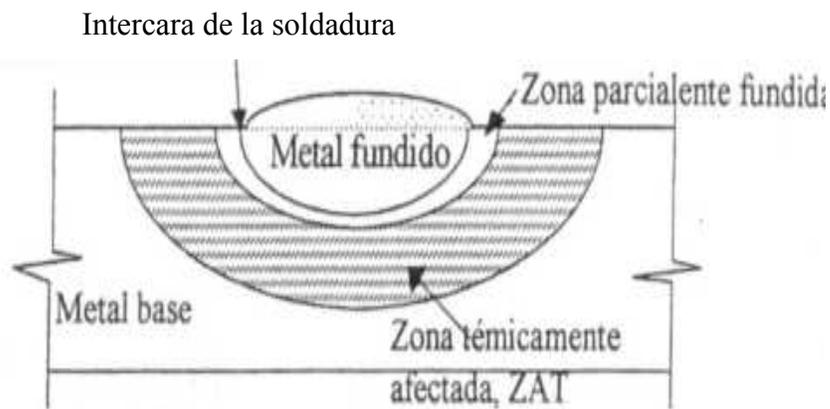


Figura 2.11 Zonas metalúrgicas producidas en una junta soldada

(Fuente: Mario Pastor Pág. 55)

2.4.1.8. Estructura del Grano

La estructura de la zona de fusión es controlada predominantemente por la estructura del metal base y por las condiciones de la soldadura. El crecimiento inicial ocurre epitaxialmente junto a los granos parcialmente fundidos del metal base. El proceso de selección preferencial de los granos que ocurre durante la soldadura promueve la formación de una estructura columnar.

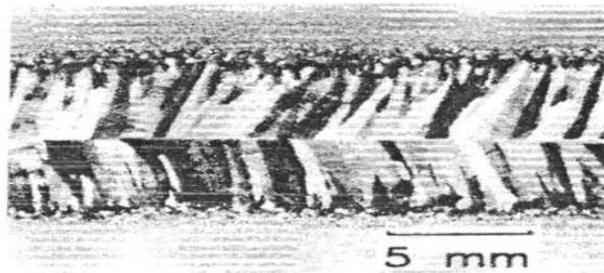


Figura 2.12 Estructura de grano columnar en una soldadura laser de acero

(Fuente: Mario Pastor pág. 66)

Las transformaciones que se producen en la soldadura son de 2 tipos; aquellas que afectan a la estructura de grano y las que producen modificaciones estructurales o cambios de fase relacionados con la templeabilidad del acero. Los granos aparecen primero en la línea de fusión, en donde la temperatura es relativamente baja y crecen con rapidez diferente, porque al aumentar de tamaño y al hacer presión los cristales unos contra otros, cada uno actúa de acuerdo con el estado de su crecimiento.

Cuando se realizan soldaduras con varias pasadas, la estructura de solidificación del poso de soldadura se altera por refusión y recrystalización producida por las pasadas subsecuentes. La estructura del metal de la soldadura y la apropiada solidificación del poso del metal depende en cierto grado de la relación entre el ancho de la soldadura y su profundidad de penetración.

2.4.1.9. Forma del poso de soldadura

La forma del poso de soldadura es un importante parámetro debido a que controla la estructura del grano. Los granos crecen epitaxialmente desde el metal base en dirección hacia el arco. Debido a que la dirección del máximo gradiente de temperatura esta cambiando constantemente desde aproximadamente 90° con respecto a la intercara. Así los granos mejor orientados son los que tendrán mayor posibilidad crecimiento e impedirán el crecimiento de otros granos que tengan orientaciones menos favorables.

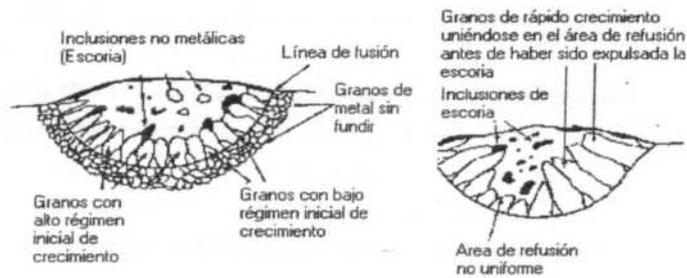


Figura 2.13 Sección transversal de los cordones de soldadura en los que se aprecian inclusiones de escoria

(Fuente: Mario Pastor pág. 67)

Efecto de la Geometría de la Pileta Líquida.

La forma de la pileta líquida o pileta de fusión queda determinada por la velocidad de avance del cordón de soldadura así como por el balance entre el calor aportado y las condiciones de enfriamiento. Si la velocidad es baja, la pileta tiende a tomar una forma elíptica, mientras que si la velocidad aumenta, la pileta tiende a alargarse en forma de gota.

En resumen, la forma de la pileta líquida determina la dirección de crecimiento de los granos, así como la velocidad de crecimiento y el gradiente térmico en el líquido. Cuando la pileta de fusión tiene forma de gota, el gradiente térmico máximo

permanece casi invariable en su dirección en todos los puntos del frente de solidificación, desde el borde hasta el eje del cordón. El resultado es que cualquier grano favorablemente orientado es capaz de crecer a una velocidad óptima y expandirse a expensas de los menos favorablemente orientados, alcanzando el centro del cordón un número relativamente pequeño de granos.

Cuando la pileta de fusión es elíptica, la dirección de gradiente máximo cambia continuamente desde el borde hacia el centro del cordón. En consecuencia, la mayor parte de los granos se encuentra, aunque por poco tiempo, en condiciones favorables para crecer y sobreviven hasta la línea central del cordón.



Figura 2.14 Modelos de crecimiento competitivo en función del gradiente

Térmico: Pileta de fusión en forma elíptica

(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. Pág. 4)



Figura 2.15 Modelos de crecimiento competitivo en función del gradiente

Térmico: Pileta de fusión en forma de gota.

(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 4)

Diagrama hierro-carbono

En particular, por la importancia que tienen las aleaciones de hierro y carbono, que son las más aplicadas en la técnica moderna, el DIAGRAMA DE ESTADO HIERRO (Fe)-CARBONO (C) es uno de los más estudiados. El acero es una aleación de hierro con una pequeña proporción de carbono, en base a la cual se obtienen propiedades especiales tales como dureza y elasticidad. En los aceros participan otros elementos de aleación tales como manganeso, níquel o cromo.

El hierro es un constituyente fundamental de las aleaciones más importantes de la ingeniería. Es un metal alotrópico, lo que implica que puede existir en más de una estructura reticular (forma de cristal), dependiendo fundamentalmente de la temperatura. Es uno de los metales más útiles debido a su gran abundancia en la corteza terrestre.

Como su nombre lo indica, el diagrama Fe-C, debería extenderse desde el hierro hasta el carbono, pasando por distintas fases intermedia que contiene ambos elementos. Al estudiar los diagramas con compuestos químicos estables, se ve que cada uno de ellos puede considerarse como un componente, por lo cual el diagrama puede analizarse por partes.

De esta forma, y por su importancia práctica, normalmente se estudia solamente la parte del diagrama que va desde el hierro hasta el carburo de hierro, compuesto químico Fe_3C (Cementita, que contiene aproximadamente 6.6% de C).

Esto está justificado porque en la práctica se emplean aleaciones cuyo contenido de carbono no supera el 5%.

Del diagrama se desprende que en una aleación, el proceso de solidificación se desarrolla dentro de un rango de temperatura comprendido entre las líneas de líquidus y solidus del diagrama de equilibrio. La región donde coexiste líquido-sólido entre las

isotermas mencionadas, recibe el nombre de ZONA PASTOSA.

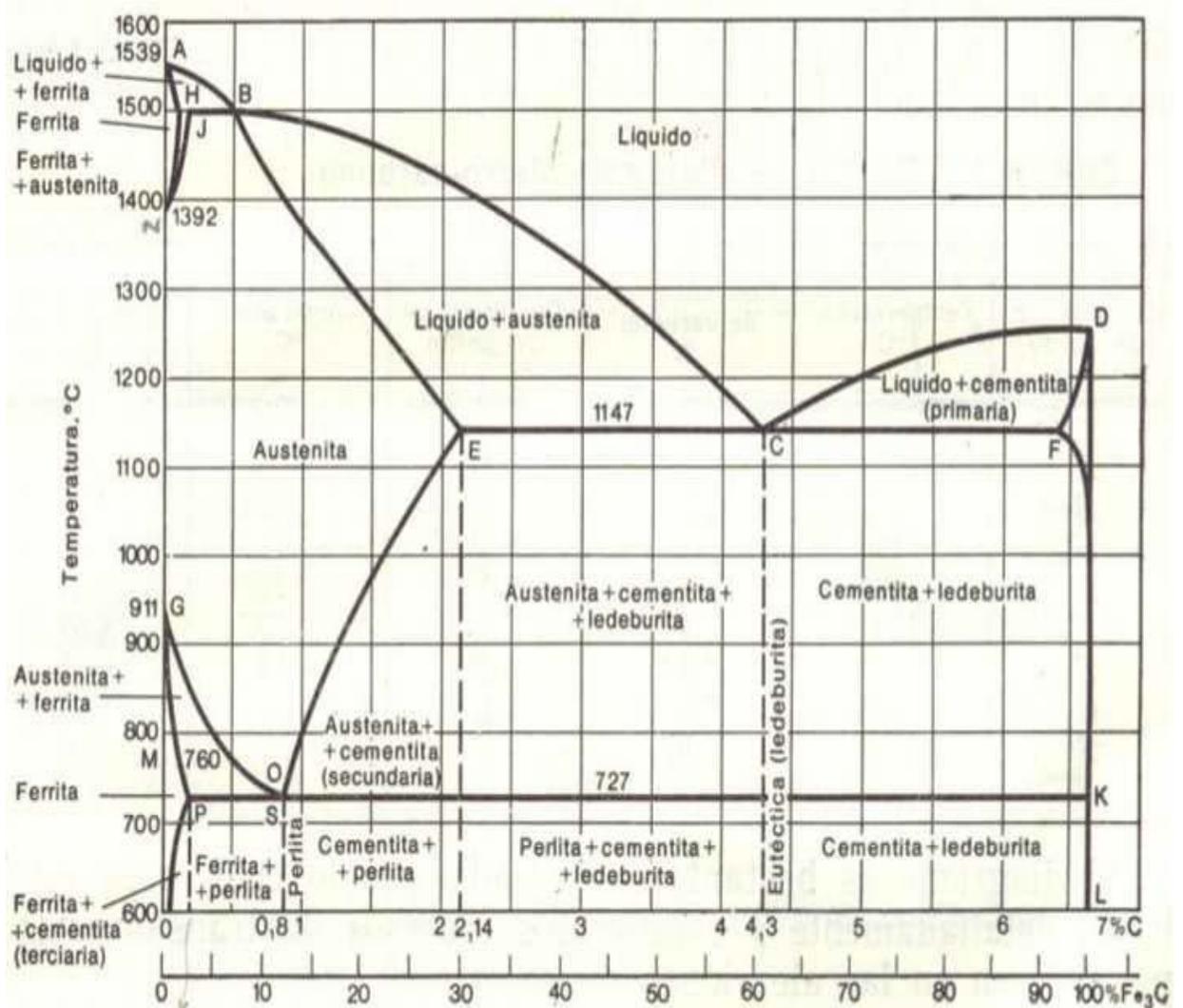


Figura 2.16 Diagrama Hierro - Carbono

Térmico: Pileta de fusión en forma de gota.

(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 7)

Aleaciones hierro-carbono

El hierro puro apenas tiene aplicaciones industriales, pero formando aleaciones con el carbono (además de otros elementos), es el metal más utilizado en la industria moderna.

Las aleaciones con contenido de C comprendido entre 0.03% y 1.76% tienen características muy bien definidas y se denominan aceros. Los aceros de cualquier proporción de carbono dentro de los límites citados pueden alearse con otros elementos, formando los denominados aceros aleados o aceros especiales. Algunos aceros aleados pueden contener excepcionalmente hasta el 2.5% de C.

Los aceros generalmente son forjables, y es ésta una cualidad muy importante que los distingue. Si la proporción de C es superior a 1.76% las aleaciones de Fe-C se denominan fundiciones, siendo la máxima proporción de C aleado del 6.67%, que corresponde a la cementita pura. Las fundiciones, en general, no son forjables.

Tipos de aceros:

En las aleaciones Fe-C pueden encontrarse hasta once constituyentes diferentes, que se denominan: Ferrita, Cementita, Perlita, Austenita, Martensita, Bainita, Ledeburita, Steadita y Grafito. Estos nombres tienen razones descriptivas para denominar las distintas estructuras que aparecen en el diagrama Fe-C.

Ferrita.- Aunque la ferrita es en realidad una solución sólida de carbono en hierro (hierro α), su solubilidad a temperatura ambiente es tan pequeña que llega a disolver un 0.008% de C. Es por esto que prácticamente se considera la ferrita como hierro alfa puro.

La ferrita es el más blando y dúctil constituyente de los aceros. Cristaliza en una estructura BCC (Cúbica centrada en el cuerpo) y presenta propiedades magnéticas. En los aceros aleados, la ferrita suele contener Ni, Mn, Cu, Si, Al en solución sólida sustitucional. Al microscopio aparece como granos monofásicos.

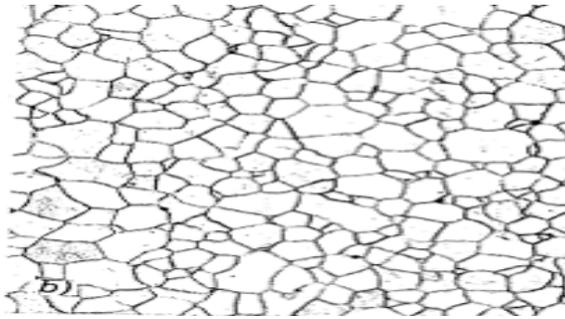


Figura 2.17 Microestructura Ferrita

(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 5)

Cementita.- Es carburo de hierro con composición de 6.67% de C en peso. Es un compuesto intersticial, el constituyente más duro y frágil de los aceros. Es magnética hasta los 210°C, temperatura a partir de la cual pierde sus propiedades magnéticas.

Perlita.- Cada grano de perlita está formado por láminas o placas alternadas de cementita y ferrita. Esta estructura laminar se observa en la perlita formada por enfriamiento muy lento. Si el enfriamiento es muy brusco, la estructura es más borrosa y se denomina perlita sorbítica. Si la perlita laminar se calienta durante algún tiempo a una temperatura inferior a la crítica (723 °C), la cementita adopta la forma de glóbulos incrustados en la masa de ferrita, recibiendo entonces la denominación de perlita globular.

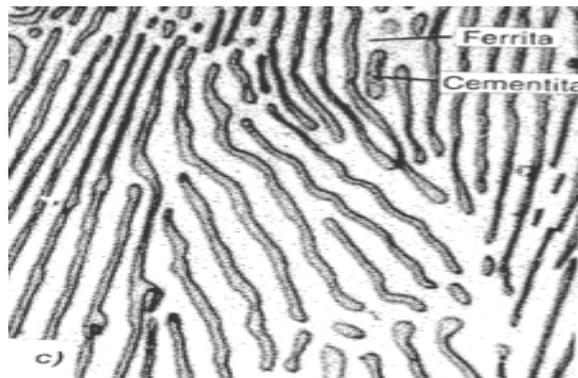


Figura 2.18 Microestructura perlita

(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 5)

Austenita.- Es el constituyente más denso de los aceros, y está formado por solución sólida por inserción, de carbono en hierro γ . La proporción de Carbono disuelto varía desde 0 a 1.76%, correspondiendo este último porcentaje de máxima solubilidad a la temperatura de 1130°C. La austenita en los aceros al carbono, es decir, si ningún otro elemento aleado, empieza a formarse a la temperatura de 723°C. También puede obtenerse una estructura austenítica en los aceros a temperatura ambiente, enfriando muy rápidamente una probeta de acero de alto contenido de Carbono a partir de una temperatura por encima de la crítica, pero este tipo de austenita no es estable, y con el tiempo se transforma en ferrita y perlita, o bien cementita y perlita. Excepcionalmente, hay algunos aceros al cromo-níquel denominados austeníticos, cuya estructura es austenítica a temperatura ambiente. La austenita está formada por cristales cúbicos de hierro γ con los átomos de carbono intercalados en las aristas y en el centro. La austenita no presenta propiedades magnéticas

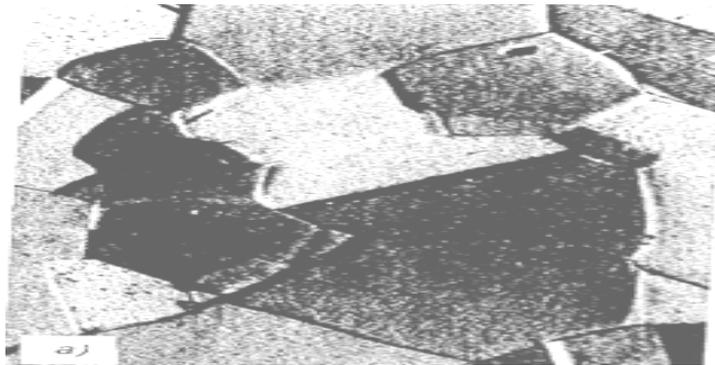


Figura 2.19 Estructura de la austenita en un acero al carbono
(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 6)

Martensita.- Es el constituyente de los aceros templados, está conformado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde su estado austenítico a altas temperaturas. Sus propiedades físicas varían con su contenido en carbono, hasta un máximo de 0.7 % C. Es muy frágil y presenta un aspecto acicular (en forma de aguja) formando grupos en zigzag con ángulos de 60 grados.

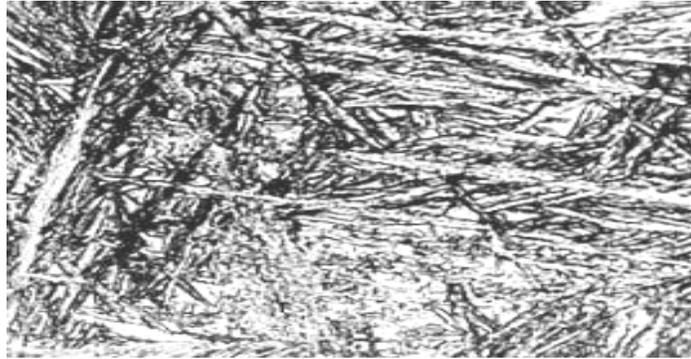


Figura 2.20 Estructura de la austenita en un acero al carbono
(Fuente: Tec. Mec. Miguel Eyheralde. pág. 6)

Bainita.- Se forma en la transformación isoterma de la austenita, en un rango de temperaturas de 250 a 550°C. El proceso consiste en enfriar rápidamente la austenita hasta una temperatura constante, manteniéndose dicha temperatura hasta la transformación total de la austenita en bainita. (Eyralde, 2011)

Ledeburita.- La ledeburita no es un constituyente de los aceros, sino de las fundiciones. Se encuentra en las aleaciones Fe-C cuando el contenido total de carbono supera los 1.76%. Se forma al enfriar una fundición líquida de carbono desde 1130°C, siendo estable hasta 723°C, descomponiéndose a partir de esta temperatura en ferrita y cementita. (Eyralde, 2011)

2.4.2.0 Velocidades de enfriamiento en la zona fundida

La determinación de la velocidad de enfriamiento en la zona de fusión es importante por las siguientes razones:

- Permite evitar la transformación martensítica y una posible fisuración en frío
- Permite relacionar las velocidades de enfriamiento, con los registros de ensayos de templabilidad Jominy
- Permite identificar cualquier reacción metalúrgica que pudiera ocurrir en la zona afectada térmicamente (ZAT)
- Permite prevenir un excesivo crecimiento de las dendritas en el metal soldado.

Típicamente, las velocidades de enfriamiento en el metal de soldadura decrecen rápidamente a medida que el metal de soldadura se enfría hasta la temperatura ambiente. De esta manera, las velocidades de enfriamiento del metal de soldadura son medidas experimentales mediante la pendiente de la curva de enfriamiento (Tiempo vs Temperatura), a la temperatura de interés. En los aceros, las temperaturas de interés que son usualmente seleccionadas para calcular o medir las velocidades de enfriamiento en aceros son 550°C y 700°C.

2.4.2.1. Ciclo térmico de la zona térmicamente afectada

La formación de la microestructura del poso de soldadura se produce bajo fuertes condiciones fuera de equilibrio y claramente difiere significativamente de aquellas producida en la fundición, procesamiento termomecánico y tratamientos térmicos. Para el acero de baja aleación, la evolución de la microestructura del poso de soldadura empieza por la solidificación con crecimiento epitaxial de la ferrita delta (δ) columnar a partir de la estructura del grano del metal base en el límite de fusión. La microestructura final del metal soldado es determinada por la combinación de la composición química y la velocidad de enfriamiento.

Para realizar una apropiada caracterización de una microestructura, es necesario identificar las fases y microconstituyentes usando un sistema de nomenclatura que sea ampliamente aceptado y bien entendido. Las fases constituyentes del metal de soldadura de aceros de baja aleación incluyen a la ferrita alotriomórfica (α), la ferrita acicular (α_a) y la ferrita de Widmanstaetten (α_w). También pueden aparecer otros microconstituyentes tales como martensita (α'), austenita retenida (γ') o perlita degenerada (P)

Ferrita alotriomórfica (α).- Alotriomórfica significa "partícula de una fase que no tiene una forma externa regular ". La ferrita alotriomórfica es la primera fase que se forma durante el enfriamiento de la austenita por debajo de la temperatura A3. Es generalmente aceptado que la presencia de cantidades sustanciales de ferrita

alotriomórfica puede resultar en una importante reducción de tenacidad de las juntas soldadas de los aceros de baja aleación debido al gran tamaño de los granos de ferrita α que ofrecen muy poca resistencia a la propagación de fisuras por clivaje

Ferrita acicular (α_a).- es la fase mas comúnmente observada en depósitos de aceros de baja aleación. El término "acicular" significa que tiene forma de agujas. Es generalmente reconocido que la ferrita acicular está constituida por delgadas placas biconvexas con morfología tridimensional.

La presencia de ferrita acicular puede mejorar significativamente la tenacidad de los depósitos de soldadura debido a que su estructura caótica produce redistribución de los esfuerzos y cambia la dirección de las fisuras de clivaje. Las dimensiones de placas de ferrita acicular están en el rango de 40 a 80 μm

ferrita de Widmanstaetten (α_w). Esta caracteriza por una simetría que sigue 3 o 4 direcciones privilegiadas, y se manifiesta como una estructura frágil en los aceros.

La estructura de Widmanstaetten puede producirse en el acero dependiendo de tres factores: 1) la composición química, 2) la temperatura de sobrecalentamiento en la fase γ y 3) la velocidad de enfriamiento a partir de esta fase. La ferrita secundaria de widmanstaetten nuclea junto a los límites de la ferrita alotriomórfica/austenita y crece como grupos de placas paralelas separadas por regiones delgadas de austenita, las que mas tarde pueden ser retenidas hasta la temperatura ambiente o transformadas a martensita y/o perlita. (Pastor, Introducción a la metalurgia de la soldadura)

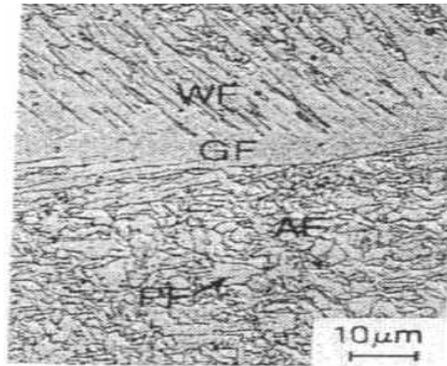


Figura 2.21 Principales componentes microestructurales del metal soldado de aceros de baja aleación; Las siglas GF, WF, AF, y PF se refieren a ferrita en el límite de grano (ferrita alotriomórfica), ferrita de Widmanstaetten, ferrita acicular (placas intragranulares) y ferrita poligonal (ferrita idiomórfica), respectivamente,

(Fuente: Mario Pastor pág. 75)

2.4.2.2 Procesos de soldadura

2.4.2.3 Proceso SMAW

La soldadura manual con arco eléctrico es un sistema que utiliza una fuente de calor (arco eléctrico) y un medio gaseoso generado por la combustión del revestimiento del electrodo, mediante el cual es posible la fusión del metal de aportación y la pieza. La fuente de energía para soldar proviene de una máquina de corriente continua(C.C) o corriente alterna (C.A), la cual forma un circuito eléctrico, a través de los cables conductores, del electrodo a la pieza. Este circuito se cierra al hacer contacto la pieza con el electrodo. El arco formado, es la parte donde el circuito encuentra mayor resistencia y es el punto donde se genera la fuente de calor. La alta temperatura generada en el arco, permite la fusión del metal base y la varilla de aporte. Esta temperatura permite también, combustionar los elementos componentes del revestimiento, los que al gasificarse, cumplen diversas funciones, tales como: desoxidar, eliminar impurezas, facilitar el paso de la corriente y especialmente proteger el metal fundido de las influencias atmosféricas. Este sistema se caracteriza por su versatilidad y economía. Este proceso puede aplicarse en la unión de diferentes

metales en trabajos pequeños, o de gran envergadura. (Maya, 2010)

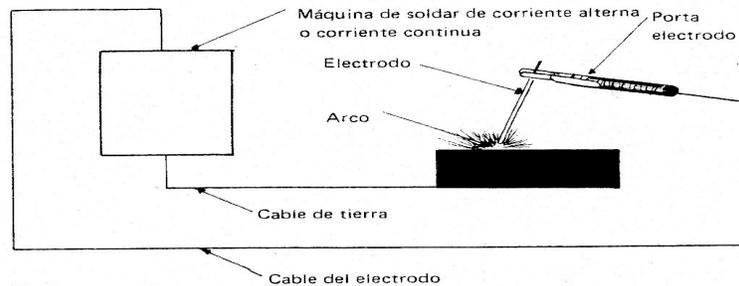


Figura 2.22 Circuito eléctrico soldadura manual con arco eléctrico

(Fuente: Gaxiola - Maya)

2.4.2.4. Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica

Cuando nace la soldadura y se aplica al ámbito de la industria carrocería y la construcción se hace necesario crear un lenguaje de símbolos que sea conocido por todos, eso permitirá que las indicaciones en planos sean trasladadas del proyectista al ejecutor. Para lograr este entendimiento, se ha normalizado la representación de los distintos tipos de soldadura. Como la técnica de la soldadura es compleja y no vale simplemente decir que se quiere soldar una determinada pieza, hay que dar más datos: resistencia de la soldadura, cara en la que se va a soldar, penetración, etc. Los conceptos que se representan son:

- Clase de cordón, sección y espesor
- Realización y disposición del cordón.
- Preparación de las piezas o estructura.
- Acabado del cordón.

La soldadura en la vista longitudinal se representa por una línea continua y gruesa o, si se quiere destacar el cordón, se añaden unos trazos rectos y paralelos, o unos pequeños arcos que se pueden cerrar con una línea muy fina.

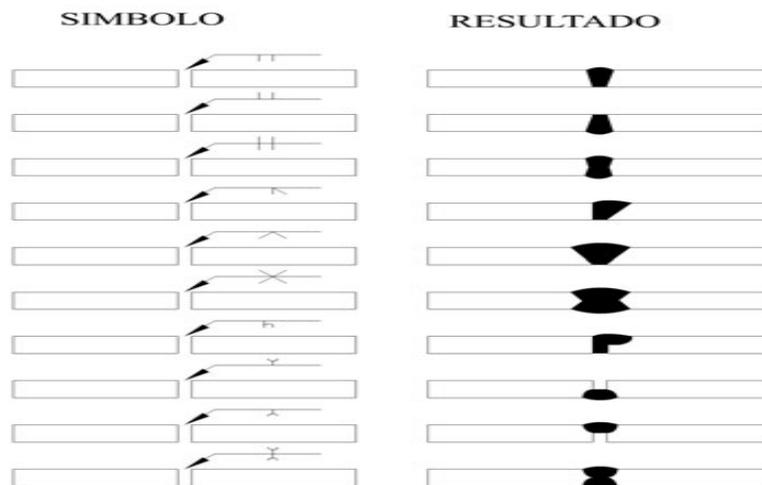


Figura 2.23 Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica
 (Fuente: Alzira modulo 3 Uniones soldadas pdf disponible en <http://www.scribd.com>)

2.4.2.5. Elementos de un símbolo de soldadura

La AWS establece una distinción entre las expresiones símbolo del tipo de soldadura (Weld symbol) y el símbolo de soldadura (welding symbol). El primero es el símbolo que se usa para indicar el tipo deseado de soldadura. El símbolo de soldadura completo está formado por los siguientes elementos, o por el número de estos que resulte necesario: línea de referencia con flecha, símbolos básicos de soldadura (Weld symbol), las dimensiones y otros datos; símbolos suplementarios; símbolos de acabado y la cola, la cual contiene especificaciones, el proceso y otras referencias. La información que se transmite por medio del símbolo de soldadura se lee así con facilidad y precisión, con lo cual resultan innecesarias las notas descriptivas largas. La línea de referencia de un símbolo de soldadura es la línea representada en un plano horizontal y unida a una cola y una flecha. La línea de referencia es la base de cada símbolo simplificado, y proporciona la orientación y la localización estándar de los elementos de un símbolo de soldadura. (Horwittz, 2002).

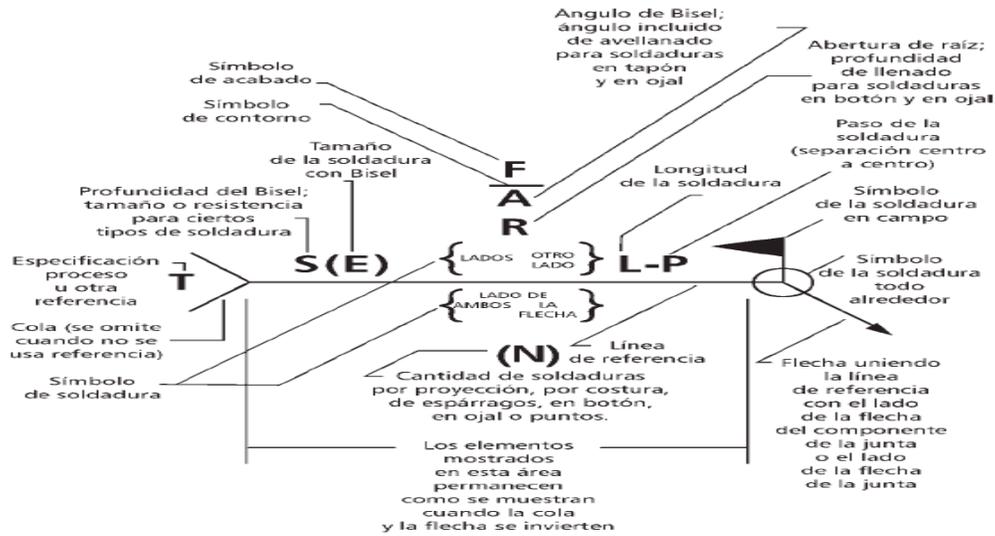


Figura 2.24 Símbolo completo de soldadura

(Fuente: H.Horwitz. 2002)

2.4.2.6. Electrodo (Generalidades)

Varilla metálica especialmente preparada, para servir como material de aporte en los procesos de soldadura por arco. Se fabrica de material ferroso y no ferroso.

Existen 2 tipos: el electrodo revestido y el electrodo desnudo.

Electrodo revestido.- Tiene un núcleo metálico, un revestimiento a base de sustancias químicas y un extremo no revestido para fijarlo en el porta-electrodo. El núcleo es la parte metálica del electrodo que sirve como material de aporte. Su composición química varía y su selección se hace de acuerdo al material de la pieza a soldar.

El revestimiento es un material que esta compuesto por distintas sustancias químicas.

Tiene las siguientes funciones:

- Dirige el arco, conduciendo a una fusión equilibrada y uniforme
- Crea gases que actúan como protección evitando el acceso de oxígeno y de nitrógeno

- c) Produce una escoria que cubre el metal de aporte, evitando el enfriamiento brusco y también el contacto del oxígeno y del nitrógeno
- d) Contiene determinados elementos para obtener una buena fusión con los distintos tipos de metales
- e) Estabiliza el arco.

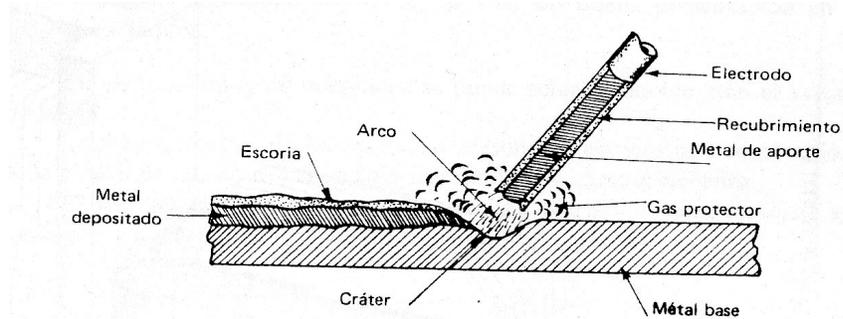


Figura 2.25 Electrodo revestido
(Fuente: Gaxiola - Maya)

Electrodo Revestido (Tipos y Aplicaciones)

Según la naturaleza del material de revestimiento, se conocen industrialmente tres tipos fundamentales para los electrodos revestidos, estos son: básicos que contienen en su revestimiento calcio o calcita. Rútílico el cual posee un alto contenido de óxido de rutilo (Titanio) y el tipo celulósico, el revestimiento de estos electrodos, contiene más del 12% de materia orgánica combustible.

Electrodo con revestimiento básico

- **Espesor del revestimiento.** Generalmente es de revestimiento grueso, pocas veces de revestimiento mediano.
- **Formación de gotas.** Normalmente las gotas son de tamaño mediano

- **Corriente y polaridad.** Estos electrodos se usan con corriente continua, colocando el electrodo en el polo positivo. En algunos casos se puede soldar con corriente alterna
- **Posición para soldar.** Soldable en todas las posiciones
- **Profundidad de Penetración.** La profundidad de penetración con este tipo de electrodo es mediano
- **Manejo.** El arco debe mantenerse corto
- **Tipo de escoria.** Densa de aspecto marrón
- **Aplicaciones.** Son apropiadas para espesores gruesos como para construcciones rígidas, para aceros de baja aleación y para aceros de alto contenido de carbono

Electrodo con revestimiento rutilico

- **Espesor del revestimiento.** Es generalmente de revestimiento mediano o grueso, pocas veces de revestimiento delgado.
- **Formación de gotas.** Gruesas cuando el revestimiento es delgado, medianas cuando el revestimiento es mediano; pequeñas cuando el revestimiento es grueso.
- **Corriente y polaridad.** La mayoría de estos tipos de electrodos, pueden ser utilizadas con ambas corrientes. Generalmente, el electrodo esta en el polo negativo; solamente en algunos casos en el polo positivo
- **Posición para soldar.** Se puede soldar en todas las posiciones
- **Profundidad de Penetración.** Según el espesor del revestimiento
- **Manejo.** Fácil, produciendo un arco suave y tranquilo
- **Tipo de escoria.** Densa, distribución uniforme
- **Aplicaciones.** Los de revestimiento delgado en espesores finos, los de revestimiento mediano o grueso para rellenar

Electrodo con revestimiento celulósico (Hernández, 2005)

- **Espesor del revestimiento.** El revestimiento en este caso es mediano
- **Formación de gotas.** Medianas hasta grandes.
- **Corriente y polaridad.** Estos electrodos se pueden usar con ambas corrientes. Generalmente se utiliza con corriente continua y polaridad invertida, es decir, el electrodo en el polo positivo y la pieza en el polo negativo
- **Posición para soldar.** En todas las posiciones
- **Profundidad de Penetración.** Con este tipo de electrodo se consigue una penetración muy buena
- **Manejo.** De fácil manejo con el arco corto
- **Tipo de escoria.** Poca formación de escoria, forma capa delgada y se cristaliza rápidamente
- **Aplicaciones.** Este tipo de electrodo se presta especialmente, en aplicaciones dificultosas y para trabajos de gran resistencia.

Electrodo Desnudo

Es un alambre estirado o laminado, Su uso es limitado por la alta absorción de oxígeno y nitrógeno del aire y a la inestabilidad de su arco

Especificaciones.

Los electrodos se clasifican por un sistema combinado de números y letras para su identificación, que permite seleccionar el tipo de electrodo recomendado, para un trabajo determinado. Debe atender a lo siguiente:

- a) Tipo de corriente que se dispone
- b) Posición de la pieza a soldar
- c) Naturaleza del metal y resistencia que debe poseer

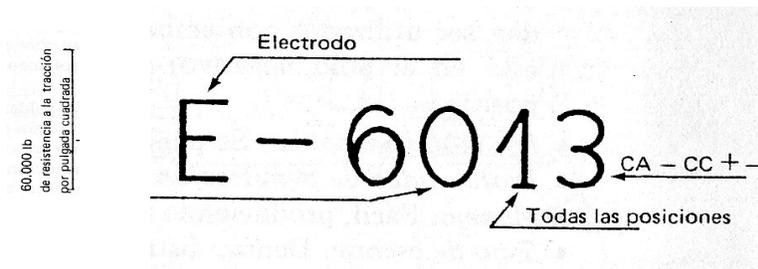


Figura 2.26 Especificaciones del electrodo

(Fuente: Gaxiola - Maya 2)

Esta clasificación utiliza un sistema compuesto, por una letra mayúscula colocada en primer termino, denominada prefijo, seguida de cuatro dígitos. El prefijo "E" significa electrodo para soldadura eléctrica por arco.

Los 2 primeros dígitos, de un total de cuatro, indican la resistencia a la tracción, en miles de libras por pulgada cuadrada. El numero 60 significa 60000 libras por pulgada cuadrada, lo que equivale a 42.2 kg por milímetro cuadrado. El tercer dígito, de un total de cuatro, indica la posición para soldar. El número uno significa: soldar en todas posiciones.

Los dos últimos dígitos en conjunto indican la clase de corriente a usar y la clase de revestimiento. El numero trece significa revestimiento con rutilo, corriente continua o alterna, polo negativo. Para determinar el significado del tercer digito, se utiliza la equivalencia siguiente:

Para tercer dígito

- 1) Todas las posiciones
- 2) Juntas en ángulo interior, en posición horizontal o plana
- 3) Posición plana únicamente

Para el tercer y cuarto dígito juntos

10.CC (+) revestimiento celulósico

11.CC (+) revestimiento celulósico

12.CC o CA (-) revestimiento con rutilo

13.CA o CC(+), revestimiento con rutilo y hierro en polvo (30% aproximadamente)

16.CC (+) bajo tenor de hidrógeno

18.CC o CA (+) revestimiento con bajo contenido de hidrógeno y con hierro en polvo

20.CC o CA (+) revestimiento con bajo contenido de hidrógeno y con hierro en polvo (25% aproximadamente) .

24.CA o CC (+) con rutilo y hierro en polvo (aproximadamente 50% de este último elemento)

Tabla 2.1 Clasificación de los electrodos para el proceso SMAW

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Corriente y Polaridad	Posición a soldar
E-6010	Celulósico Sódico	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6011	Celulósico Potásico	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6012	Rutilico Sódico	CA.CC.EN.	P.V.SC.H.
E-6013	Rutilico Potásico	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7014	Rutilico H.P.	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7015	Rutilico Sódico B.H.	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7016	Rutilico Potásico B.H.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7018	Rutilico Potásico B.H.-H.P.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6020	Oxido de Hierro	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7024	Rutilico H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7027	Oxido de Hierro H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
Nomenclatura	CC: Corriente Continua	EP: Electrodo Positivo	P: Plana
HP: Hierro en Polvo	CA: Corriente Alterna	EN: Electrodo Negativo	V: Vertical
BH: Bajo Hidrógeno	AP: Ambas Polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

(Fuente: Manual Indura)

A continuación mencionaremos algunas reglas de seguridad para soldadura de arco

- Use siempre la careta con filtro del grado correcto en los vidrios
- Vea que no estén rotos los vidrios antes de empezar a soldar
- Use ropas resistentes al fuego todo el tiempo
- Asegúrese de que los demás están protegidos de los rayos de luz antes de empezar a soldar
- Mantenga sus mangas desdobladas y abotónese hasta el cuello
- Ponga el interruptor de la maquina en apagado al acabar el trabajo (off)
- No deje el electrodo en el porta- electrodo
- Compruebe que todas las conexiones estén apretadas antes de empezar el trabajo
- Nunca trabaje en una área húmeda o mojada
- Use lentes de seguridad cuando quite la escoria de la soldadura
- Asegúrese de que la pieza que va a soldar o el banco sobre el que trabaja estén conectados a tierra correctamente
- Comunique inmediatamente, si han caído esquirlas en sus ojos
- Ponga las colas de los electrodos en una caja, no las arroje en el piso.

Las reglas de seguridad serán recalçadas a través del libro. El aprender y aplicar estas reglas es solo cuestión de sentido común. (Maya, 2010)

2.4.2.7. Variables principales del proceso SMAW

Estas variables determinan las características importantes del cordón depositado como son penetración, forma geométrica y otras de naturaleza metalúrgica

Corriente de Soldadura.- La soldadura por arco de metal protegido puede efectuarse con corriente tanto alterna como continua, siempre que se use el electrodo adecuado. El tipo de corriente de soldadura, la polaridad y los constituyentes de la cobertura del electrodo afectan la rapidez de fusión de todos los electrodos cubiertos. Para un

electrodo determinado la rapidez de fusión se relaciona directamente con la energía eléctrica suministrada al arco. Parte de esta energía se destina a fundir una porción del metal base, y la otra parte sirve para fundir el electrodo. Los electrodos cubiertos de un tamaño y clasificación específicos pueden operar de manera satisfactoria a diversos amperajes dentro de cierto intervalo. Este intervalo varía un poco dependiendo del espesor y la formulación de la cobertura. Para un tipo y tamaño de electrodo específico, el amperaje óptimo de varios factores como la posición de soldadura y el tipo de unión. El amperaje debe ser suficiente para obtener una buena fusión y penetración sin perder el control de charco de soldadura.

Voltaje en el arco.- La longitud del arco es la distancia entre la punta derretida del núcleo del electrodo y la superficie del charco de soldadura. La transferencia de metal desde la punta del electrodo hasta el charco de soldadura no es una acción suave y uniforme. El voltaje instantáneo del arco varía al transferirse gotitas de metal fundido a través del arco, incluso cuando la longitud de este se mantiene constante. Para la longitud de arco correcta se requiere una alimentación del electrodo constante y consistente. La longitud de arco correcta varía de acuerdo a la clasificación del electrodo, diámetro y revestimiento y además varía con el amperaje y la posición de soldadura.

Velocidad de Soldadura.- Es la tasa a la cual el electrodo se mueve a lo largo de la junta. Una velocidad de soldadura adecuada es aquella que produce un cordón de soldadura de buen perfil y tiene una buena apariencia. La velocidad de soldadura depende de algunos factores como: tipo de corriente y polaridad, amperaje, posición de soldadura, tasa de fusión del electrodo, espesor del material, condición superficial del material base, tipo de junta, entre otros.

La velocidad de soldadura influye en la entrada de calor al metal base. Esto a su vez afecta las estructuras metalúrgicas del metal soldado y la zona afectada por el calor. Bajas velocidades de soldadura incrementan el calor entrante y por lo tanto

incrementa el tamaño de la zona afectada por el calor y reduce la tasa de enfriamiento de la soldadura. Altas tasas de enfriamiento pueden incrementar la resistencia y la dureza de la soldadura en un acero endurecible, a menos que un precalentamiento adecuado se realice para evitar endurecimiento.

Fuente de Energía .- La fuente de energía de energía para el soldeo debe presentar una característica de caída o de intensidad de corriente constante, para que la corriente de soldadura se vea poco afectada por las variaciones de longitud del arco eléctrico.

Para la soldadura en corriente continua se pueden usar transformadores rectificadores o moto generados. Para el uso de corriente alterna se utilizaran transformadores. (Hernández, 2005)

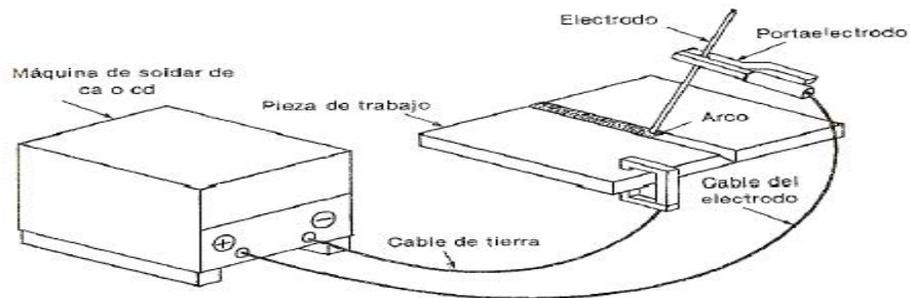


Figura 2.27 Circuito de soldadura para el proceso SMAW

(Fuente: Cary Howard)

2.4.2.8. Soldadura GMAW

El proceso GMAW(también conocido como MIG en inglés, o con metal y gas inerte) es, un proceso de cd con polaridad invertida, en el cual el electrodo consumible, sólido y desnudo, es protegido de la atmósfera por medio de una atmósfera protectora proporcionada en forma externa, en general de bióxido de carbono, de mezclas de argón o de gases con base de helio. Existen dos

medios para aplicar este proceso. Un método para todas las posiciones, en el que se utiliza una pistola movida a mano, y otro de cabeza automática, que se utiliza primordialmente para la soldadura en posición plana.

La transferencia del metal por el proceso MIG se logra por uno de dos métodos: el método del arco de rocío y el método del corto circuito. Los electrodos que se emplean en el método del arco de rocío son de mayor diámetro, 0.045 a 0.125 pulg. Contra 0.020 a 0.45 pulg, que los que se utilizan en el método del corto circuito; el arco esta establecido todo el tiempo.

Por esta razón, el método del arco de rocío produce un deposito pesado de metal de aporte. Por tanto debe restringirse este método a la soldadura de una sola pasada o a la de varia pasadas en posición plana u horizontal, y en conjuntos soldados de 1/8 de pulgada de espesor o mas gruesos. El método del corto circuito es excepcionalmente adecuado para soldar secciones delgadas en cualquier posición de aplicación. La soldadura de arco protegido con fundente es una variante de este proceso, en el cual se utiliza un electrodo recubierto de fundente alimentado en forma continua, a la vez que una protección de bióxido de carbono.

Esta doble protección permite lograr soldaduras mas seguras y resistentes en las aplicaciones semiautomática y automática. (Horwittz, 2002)

Como conclusión podemos decir que el proceso GMAW es un proceso semiautomático, automático o robotizado de soldadura que utiliza un electrodo consumible y continuo que es alimentado con la pistola; tanto el arco como el baño de soldadura es protegido con gas que puede ser inerte o activo que crea la atmosfera protectora.

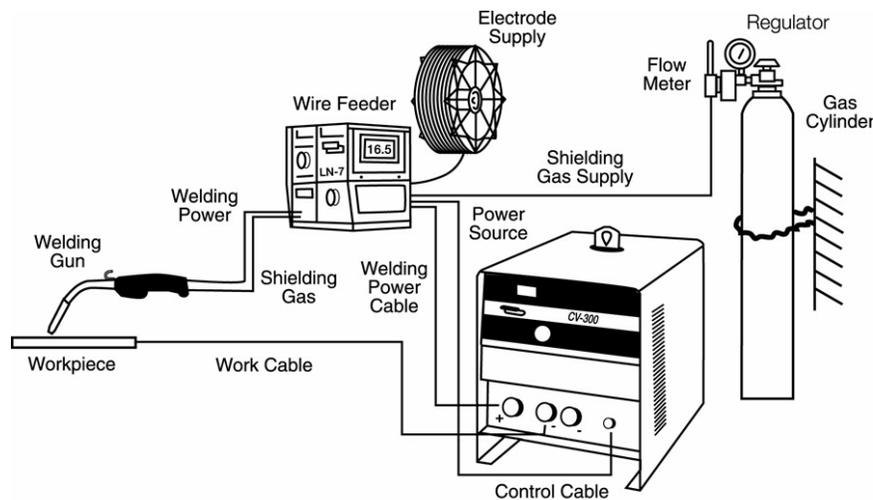


Figura 2. 28 Equipos para soldadura MIG-MAG

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

Tipos: Los mas conocidos en soldadura de arco eléctrico son:

1. Con protección de bióxido de carbono.- Este proceso esta basado en la teoría de utilizar un alambre desnudo, para eliminar el revestimiento de los electrodos metálicos; las funciones del revestimiento deberan ser cubiertas por otro elemento, en este caso un gas (bióxido de carbono), que introducido como medio protector, cubre el área del arco eliminando asi el oxígeno y el nitrógeno del aire.

La estabilización del arco se obtiene por medios eléctricos, utilizando una máquina de soldar de voltage constante, equipada con un alimentador de alambre y su sistema de control. Los elementos metálicos requeridos para la soldadura, estan contenidos en la composición del acero que se utiliza para hacer el alambre- electrodo.

En la composición de este acero tambien se incluyen elementos desoxidantes para limpiar el metal fundido. Se puede realizar mezcla con gases inertes, para las condiciones del arco.

Ventajas

El arco es siempre visible para el soldador; el gas de protección CO₂ es menos costoso, que otros gases de protección usados para metales ferrosos; es el más versátil de los procesos de soldadura

2. Con protección de gas inerte.- Se emplea un gas inerte "argón" para resguardar la zona en fusión contra el aire del medio ambiente. El calor requerido para soldar, es proporcionado por un arco eléctrico de gran intensidad, que se hace saltar entre un electrodo de tungsteno puro, o con porcentaje de torio o zirconio que apenas se consume y la pieza de metal a soldar. En las juntas donde se necesite metal de aportación, se alimenta la zona de fusión, con una varilla de aportación que se funde con el metal base, del mismo modo que el empleado en la soldadura oxiacetilénica.

Ventajas

Se mantiene el máximo de propiedades en las piezas soldadas; se puede soldar cualquier metal puro o aleado. Produce soldaduras de gran calidad

Gases utilizados en la soldadura (Argón – Bióxido de carbono)

Son gases que protegen el arco eléctrico, en los procesos de soldadura bajo atmósfera de gas. Se utilizan en la ejecución de juntas soldadas en metales ferrosos y no ferrosos.

Argón.- Es un gas raro que constituye menos del 1% de la atmósfera terrestre. Es extremadamente inerte y no forma compuesto químico con otros elementos conocidos; por tanto, forma una barrera ideal contra la contaminación atmosférica, en cierto número de procesos especiales de soldadura, evitando en todos ellos la oxidación.

Su aplicación evita el uso de fundentes, en la soldadura de metales no ferrosos, facilitando el proceso.

En la soldadura de metales no ferrosos, se puede combinar con otro gas inerte (helio). En la soldadura de metales ferrosos, se puede combinar con bióxido de carbono (CO₂).

Bióxido de carbono.- Es un gas que se obtiene en la mayoría de las plantas de gases de petróleo y se produce al quemar gas natural, petróleo o carbón de piedra; también puede obtenerse en hornos de calcio, en la fabricación de amoníaco, o por la fermentación de alcohol.

El bióxido de carbono es un gas que ha mostrado una gran eficiencia, como medio gaseoso para la protección de soldaduras con alambre sin revestimiento, ya que a temperatura normal es esencialmente inerte. Se obtienen con el, soldaduras con penetración firme y profunda, facilitando al soldador la eliminación de defectos en la junta soldada. El (CO₂) puede combinarse con el argón, para mejorar la calidad de las soldaduras ferrosas. (Maya, 2010)

2.4.2.9 Soldadura MIG

Durante la soldadura MIG, solamente se calienta una pequeña zona alrededor de la junta. Simultáneamente a la alimentación con hilo tiene lugar una adición del gas inerte que enfría las superficies y protege el metal de la acción del aire ambiental. Esta previene la oxidación. El hilo de acero no está recubierto, sino compuesto de un alma totalmente metálica. Por tanto, no se forma escoria (cuya eliminación requiere bastante trabajo), sino un cordón muy liso.

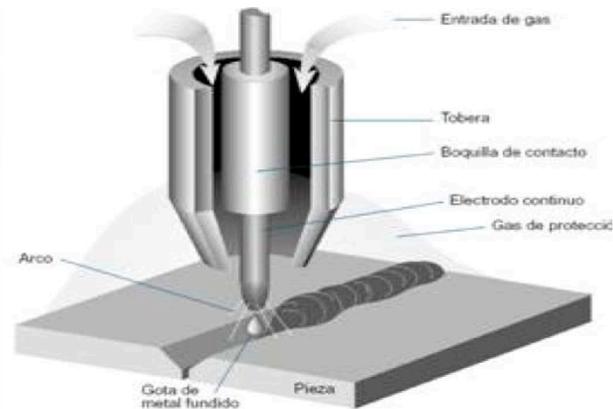


Figura 2. 29 Soldadura MIG

(Fuente: : manual de soldadura autor: Ing. Patricia L. Aular disponible en <http://www.slideshare.net/>)

2.4.3.0 Soldadura MAG

La soldadura MAG es un tipo de soldadura que utiliza un gas protector químicamente activo como Dióxido de carbono, argón mas dióxido de carbono, argón mas oxígeno. Se utiliza básicamente para aceros no aleados o de baja aleación.

No se puede usar para soldar aceros inoxidable ni aluminio o aleaciones de aluminio. Es similar a la soldadura MIG, se distinguen en el gas protector que emplean, sin embargo este procedimiento es mas barato debido al gas que utiliza

2.4.3.1 Ventajas de la soldadura MIG/MAG (GMAW)

La soldadura GMAW es intrínsecamente mas productiva que la soldadura SMAW, donde se pierde productividad cada vez que se produce una parada para reponer el electrodo consumido. La soldadura GMAW no se desecha tanto material como en la SMAW cuando la última parte del electrodo revestido es desechado además es un proceso versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad en todas las posiciones.

El procedimiento es muy utilizado en espesores delgados y medios, en fabricaciones

de acero y estructuras de aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere un gran porcentaje de trabajo manual. (Aular, 2009)

Tabla 2.2 Elección de la corriente eléctrica para soldadura

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

(Fuente: Curso de capacitación en soldadura segunda edición autor: Gaxiola - Maya capítulo 2)

2.4.3.2. Acero Estructural

Es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería metalúrgica a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que en oposición al acero son quebradizas y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas. Existen muchos tipos de acero en función de los elementos aleantes que estén presentes. La definición en porcentaje de carbono corresponde a los aceros al carbono, en los cuales

este no metal es el único aleante, o hay otros pero en menores concentraciones. Otras composiciones específicas reciben denominaciones particulares en función de múltiples variables como por ejemplo los elementos que predominan en su composición (aceros al silicio), de su susceptibilidad a ciertos tratamientos (aceros de cementación), de alguna característica potenciada (aceros inoxidable) e incluso en función de su uso (aceros estructurales). Usualmente estas aleaciones de hierro se engloban bajo la denominación genérica de aceros especiales, razón por la que aquí se ha adoptado la definición de los comunes o "al carbono" que además de ser los primeros fabricados y los más empleados, sirvieron de base para los demás. Esta gran variedad de aceros llevó a Siemens a definir el acero como un compuesto de hierro y otra sustancia que incrementa su resistencia. (Cruz, 2010 y manual de soldadura 2011)

Composición del acero

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

Fases de equilibrio

Diagrama de fase hierro-carbono (Fe-C), permite visualizar las condiciones de existencia de las fases que conforman el acero. Estas fases se obtienen a temperatura ambiente mediante el enfriamiento lento de un acero. Las principales son:

- La Ferrita (α) es blanda y dúctil. Su estructura es cúbica centrada en el cuerpo, es estable hasta los 721 °C.
- La Austenita (γ) es la más dúctil de las fases del diagrama Fe-Fe₃C.

- La cementita (Fe_3C) es un compuesto intermetálico de fórmula Fe_3C , con un contenido de carbono de 6,67%, es dura y frágil.
- La Perlita es el microconstituyente eutectoide que se forma a los 727 °C a partir de austenita con 0.77 % de carbono. Es una mezcla bifásica de ferrita y cementita de morfología laminar. Sus propiedades mecánicas serán intermedias entre la ferrita blanda y la cementita dura que la compone. (manual de soldadura, 2011)

Ventajas del acero como material estructural

Alta resistencia: la alta resistencia del acero por unidad de peso permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.

Homogeneidad: las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

Elasticidad: el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.

Precisión dimensional: los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.

Ductilidad: el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.

Tenacidad: el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

Facilidad de unión con otros miembros: el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

Rapidez de montaje: la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.

Disponibilidad de secciones y tamaños: el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

Costo de recuperación: las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.

Reciclable: el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

Permite ampliaciones fácilmente: el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.

Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

Desventajas del acero como material estructural

Corrosión: el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.

Calor, fuego: en el caso de incendios el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el

acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.

Pandeo elástico: debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero.

Fatiga: la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas), resistencia de plastificación solamente para columnas cortas.

Aceros Estructurales

De acuerdo a la American Society of Testing Materials ASMT

- Aceros generales (A-36, A500)
- Aceros estructurales de carbono (A-529)
 - b.1 Bajo contenido de carbono (<0.15 %)
 - b.2 Dulce al carbono (0.15 – 0.29 %)
 - b.3 Medio al carbono (0.30 – 0.59 %)
 - b.4 Alto contenido de carbono (0.6 – 1.7 %)
- Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (Mo, V y Cr), (A-441 y A-572) aleación al 5 %.
- Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación, resistentes a la corrosión atmosférica (A-242, A-588).
- Acero templado y revenido (A-514). (Cruz, 2010 y manual, www.ahmsa.com, 2012)

2.4.3.3 Normas ASTM

En los últimos años, la producción del acero a nivel mundial ha tenido cambios significativos. Actualmente existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de tipos de acero que se usan profundamente en la industria de la construcción, naval, mecánica, petrolera y en diversas estructuras especiales, y que evolucionaron debido a las necesidades derivadas de los avances tecnológicos acelerados en los diversos campos de la ingeniería. El acero estructural consiste de los siguientes elementos: anclas, contraventeos y puntales, armaduras, bases, columnas, conectores de cortante, estructuras de soporte de tuberías, transportadores, largueros y polines, marquesinas, monorrieles, piezas de apoyo, tirantes, péndolas y colgantes, tornillos de alta resistencia de taller y de campo, vigas y trabes.

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

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

ASTM A36. Esta norma es aplicable a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aún están disponibles en el mercado mexicano. Tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada. Se desarrolló desde hace muchos años en Estados Unidos para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas, mejorando el contenido de carbono de los aceros disponibles en aquella época, como el ASTM A7. Con la innovación de este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron.

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

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

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

En la fabricación de estructuras metálicas fabricadas con aceros de alta resistencia ASTM A529, 572 y 992 se recomienda utilizar electrodos E 7018 (Resistencia mínima a la ruptura en tensión del metal de soldadura, $F_{EXX} = 70$ ksi = 4 920 kg/cm², el 1 corresponde a electrodos adecuados para cualquier posición: plana, horizontal, vertical o sobrecabeza y el número 8 se refiere a las características de la corriente que debe emplearse y a la naturaleza del recubrimiento).

El recubrimiento de este electrodo se caracteriza por tener un bajo contenido de hidrógeno y alto porcentaje de polvo de hierro.

Las normas aprobadas por la ASTM para placas y perfiles laminados en frío son A500, A501, A618, A847 y la A53.

ASTM A53. El acero A53 está disponible en tipos E y S, donde E denota secciones fabricadas con soldadura por resistencia y S indica soldadura sin costura. El grado B es conveniente para aplicaciones estructurales; con esfuerzo de fluencia y resistencia a la ruptura en tensión, respectivamente de 35 y 50 ksi (2 400 y 3 515 kg/cm²).

ASTM A500. Este tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, y también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección cuadrada y rectangular. Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares difieren de los circulares. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3 200 kg/cm² y 405 MPa o 4 100 kg/cm²). (manual, www.ahmsa.com, 2012)

2.4.3.4 Propiedades Mecánicas del acero estructural

Hay distintas clases de esfuerzos que se presentan al tratar las propiedades mecánicas de los materiales. En general se define el esfuerzo como una fuerza que actúa sobre el área unitaria en la que se aplica.

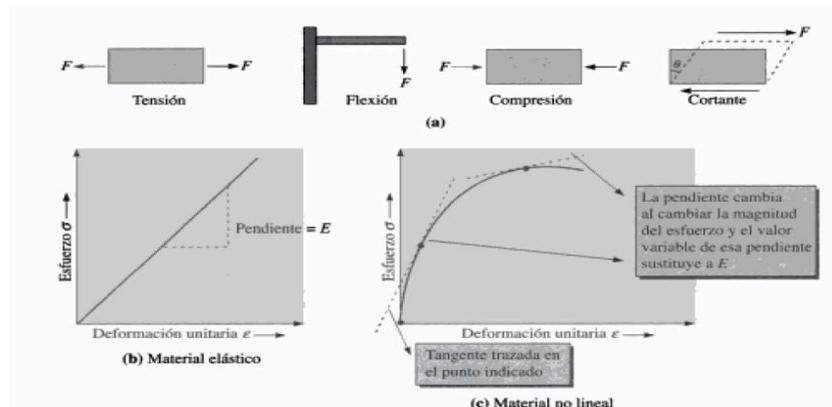


Figura 2. 30 a) Esfuerzos de tensión, compresión, cortante y flexión. **b)** Definición del módulo de Young para un material elástico. **c)** Para materiales no lineales se usa la pendiente de una tangente como variante que reemplaza el módulo de Young que es constante

(Fuente: D. Askeland)

La deformación unitaria se define como el cambio de dimensión por unidad de longitud. El esfuerzo se suele expresar en Pa (pascuales) o en psi (libras por pulgadas cuadradas). La deformación unitaria no tiene dimensiones y con frecuencia se expresa en pulg/pulg o en cm/cm

La deformación (unitaria) elástica se define como una deformación restaurable debido a un esfuerzo aplicado. La deformación es elástica si se desarrolla en forma instantánea; es decir, se presenta tan pronto como se aplica la fuerza, permanece mientras se aplica el esfuerzo y desaparece tan pronto como se retira la fuerza. Un material sujeto a una deformación elástica no muestra deformación permanente; es decir, regresa a su forma original cuando se retira la fuerza o el esfuerzo. En muchos materiales, el esfuerzo y la deformación elásticos siguen una ley lineal. La pendiente en la porción lineal de la curva esfuerzo contra deformación unitaria a tensión define al módulo de Young o modulo de elasticidad (E) de un material. Las unidades de E se miden en pascuales (Pa) o en libras por pulgada cuadrada (psi) las mismas q las del esfuerzo. El inverso del modulo de Young se llama flexibilidad (o capacidad elástica de deformación) de forma parecida, se define al modulo de elasticidad cortante (G) como la pendiente de la parte lineal de la curva de esfuerzo cortante contra deformación cortante.

La deformación permanente en un material se llama deformación plástica. En este caso, cuando se quita el esfuerzo, el material no regresa a su forma original.

2.4.3.5. Ensayo de Tracción

El ensayo de Tracción esta muy difundido, porque las propiedades que se obtienen pueden aplicarse en el diseño de distintos componentes. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de formación en un ensayo de Tensión suelen ser muy pequeñas ($\dot{\epsilon} = 10^{-4}$ a 10^{-2} s^{-1}). En la siguiente figura se muestra un esquema del ensayo de tracción.

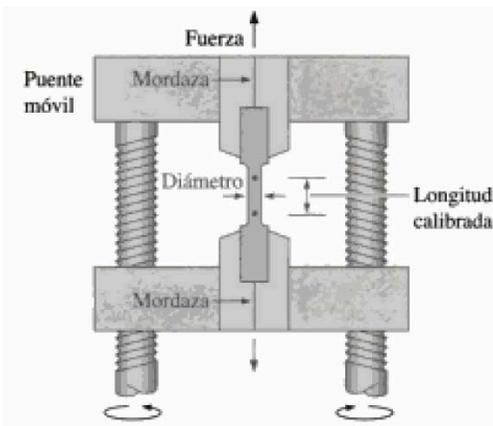


Figura 2.31 Ensayo de Tracción

(Fuente: : D Askelland)

La probeta se coloca en la maquina de prueba y se aplica una fuerza F , llamada carga. Para medir la cantidad que se estira el espécimen entre las marcas de calibración cuando se aplica la carga, se usa un extensómetro o galga extensométrica. Así lo que se mide es el cambio de longitud del espécimen, Δl , en una longitud determinada, l_0 . En ese ensayo se puede obtener información acerca de la resistencia, el módulo de young y la ductilidad de un material.

Cuando se hace un ensayo de tensión, entre los datos que se anotan están los de carga o fuerza, en función del cambio de longitud (Δl). Ese cambio de longitud, o elongación, se suele medir con una galga extensométrica.

Esfuerzo y deformación ingenieriles: los resultados de un solo ensayo se aplican a todos los tamaños y secciones transversales de especímenes de determinado material, siempre que se convierta la fuerza en esfuerzo, y la distancia entre marcas de calibración se convierta a deformación.

El esfuerzo ingenieril y la deformación ingenieril se definen con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Esfuerzo ingenieril} = \sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\text{Deformación Ingenieril} = \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

En donde A_0 es el área de la sección transversal original del espécimen antes de que comience el ensayo, l_0 es la distancia original entre las marcas de calibración y Δl es el cambio de longitud o elongación después de haber aplicado la fuerza F .

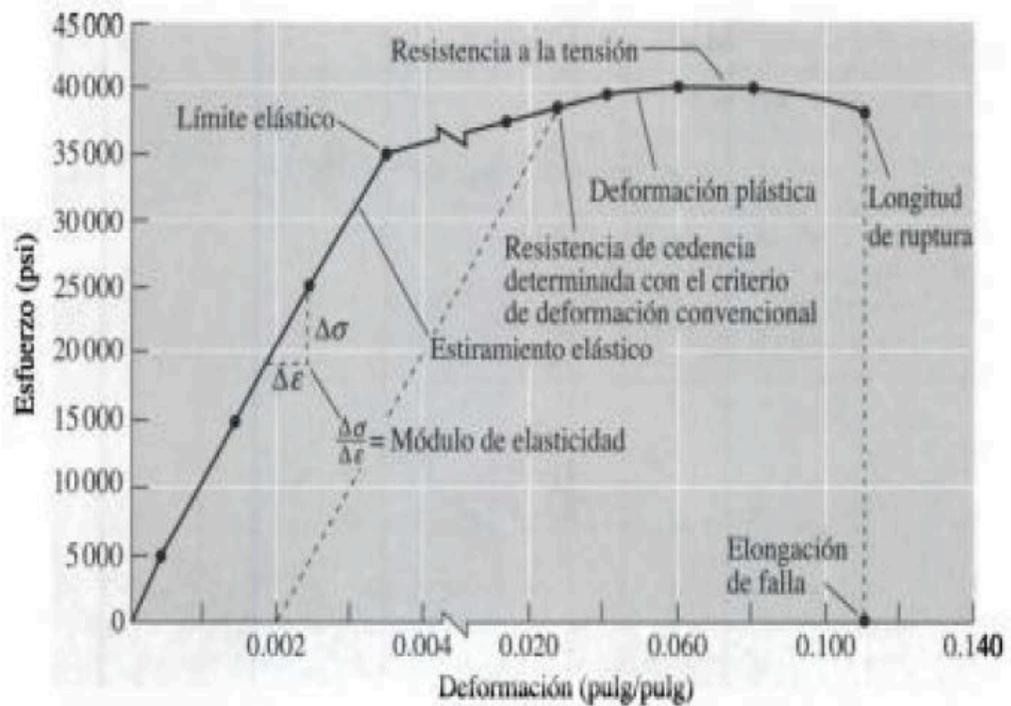


Figura 2.32 Curso esfuerzo ingenieril – deformación ingenieril para una aleación de aluminio

(Fuente: : D Askelland)

Propiedades obtenidas en el ensayo de tensión

Resistencia de cedencia. Al aplicar esfuerzo a un material, este muestra primero una deformación elástica. La deformación que se produce desaparece por completo cuando se elimina el esfuerzo aplicado. Sin embargo, al continuar aumentando el esfuerzo aplicado, el material comienza a mostrar deformación tanto elástica como plástica. Al final, el material "cede" al esfuerzo aplicado. El valor crítico del esfuerzo necesario para iniciar la deformación plástica se llama límite elástico del material. En los materiales metálicos, este es normalmente el necesario para iniciar el movimiento de las dislocaciones o deslizamiento.

El límite de proporcionalidad se define como el valor del esfuerzo arriba del cual la relación entre esfuerzo y deformación ingenieriles no es lineal. En la mayoría de los materiales, el límite elástico y el límite de proporcionalidad están bastante cercanos. Sin embargo, ni el valor del límite elástico ni el límite de proporcionalidad se pueden determinar con precisión.

Los valores medidos dependen de la sensibilidad del equipo que se usa. En consecuencia, se define un valor convencional de deformación plástica (normalmente 0.002 o 0.2%, pero no siempre).

La curva esfuerzo-deformación para ciertos aceros al bajo carbono muestra dos puntos de fluencia (o cedencia) en donde se espera que el material se deforme plásticamente en el esfuerzo σ_1 . Sin embargo, los átomos intersticiales agrupados en torno a las dislocaciones interfieren con el deslizamiento y elevan el punto de cedencia a σ_2 . Sólo después de aplicar el esfuerzo σ_2 mayor, se deslizan las dislocaciones.

Después de que comienza el deslizamiento en σ_2 las dislocaciones se alejan de los

grupos de átomos pequeños y continúan moviéndose con mucha rapidez en el esfuerzo menor σ_1

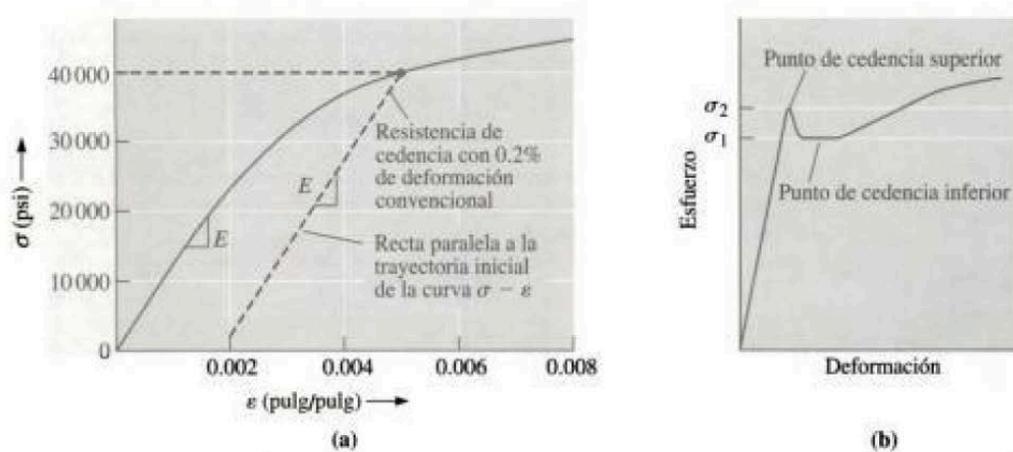


Figura 2. 33 (a) Determinación de la resistencia de cedencia con 0,2% de deformación convencional en el hierro colado gris y (b) puntos de cedencia superior e inferior de un acero al bajo carbono

(Fuente: : D Askelland)

Resistencia a la Tensión.- El esfuerzo obtenido con la máxima fuerza aplicada es la resistencia a la tensión o resistencia a la tracción (σ_{TS}), que el esfuerzo máximo en la curva esfuerzo deformación ingenieril. En muchos materiales dúctiles, la deformación no permanece uniforme.

En algún punto, una región se deforma mas que otras y se presenta una reducción local grande dela sección transversal en dicho punto.

Esta región de deformación local se llama “cuello”. A este fenómeno se le llama estricción o formación de cuello. Como el área transversal es menor en ese punto, se necesita una fuerza menor para continuar la deformación, y el esfuerzo ingenieril, calculado con el área original A_0 , decrece. La resistencia a la tensión es el esfuerzo en el cual comienza la estricción en los materiales dúctiles.



Figura 2.34 Deformación localizada de un material dúctil durante un ensayo de tensión; se produce una región de cuello; En la fotografía se observa la parte del cuello en una muestra fracturada

(Fuente: : D Askelland)

Muchos metales y polímeros dúctiles muestran el fenómeno de deformación de cuello. En el ensayo de compresión, los materiales se ensanchan; por consiguiente, la estricción solo se observa en los ensayos de tensión. (ASKELAND, Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición. Tompson Editores., 2010)

2.4.3.6 Ensayo de doblez

Es uno de los métodos para evaluar la ductilidad de un material, pero no debe considerarse como un medio cuantitativo para predecir su funcionamiento durante las operaciones de doblez.

Este tipo de ensayo se emplea básicamente para materiales en forma de láminas, tubos, alambres, etc, sometidos a procesos de manufactura; tales como: laminado, forja, extrusión, soldadura, etc.

Básicamente se tiene cuatro pruebas de doblez: libre, semiguizado, guiado y por envoltura.

a) Doble libre: Se realiza en un tornillo de banco y una herramienta dobladora, o bien, en una prensa.

b) Doblez guiado: Se realiza sobre probetas estandarizadas mediante un émbolo o punzón también estandarizado, forzando a la probeta dentro de un aditamento de dimensiones predeterminadas; lo cual está especificado en el Código AWS.

c) Doblez semiguiado: A diferencia de la prueba anterior, la probeta no se hace forzar hacia un aditamento.

d) Doblez por envoltura: Consiste en envolver o arrollar la muestra en torno a un pasador de un diámetro predeterminado.

“Las pruebas de doblez guiado se utilizan para determinar el grado de sanidad y ductilidad de uniones de soldadura de ranura”.

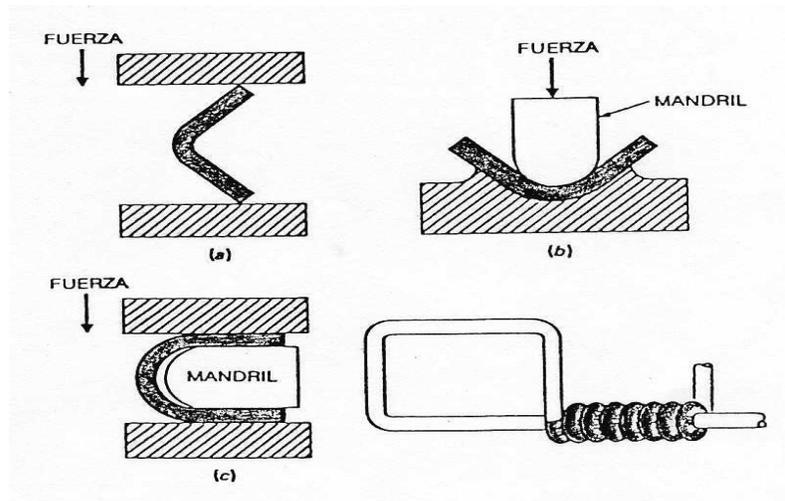


Figura 2.35 Diferentes pruebas de doblez

(Fuente: : Ing. René SA- Lopez Barreiro disponible en www.scribd.com/doc/6164000/PRUEBAS-MECANICAS)

Criterios de aceptación y rechazo del ensayo de doblado

La soldadura y zona afectada por el calor deben de estar completamente dentro de la porción doblada del espécimen.

Las probetas no deberán contener discontinuidades de material abiertas a la superficie mayores a 1/8 pulg (3.2 mm) medidas en cualquier dirección de la superficie convexa.

No se considerarán las discontinuidades presentes en las esquinas, a no ser que exista evidencia significativa de que proceden de faltas de fusión, inclusiones de escoria u otras discontinuidades internas.

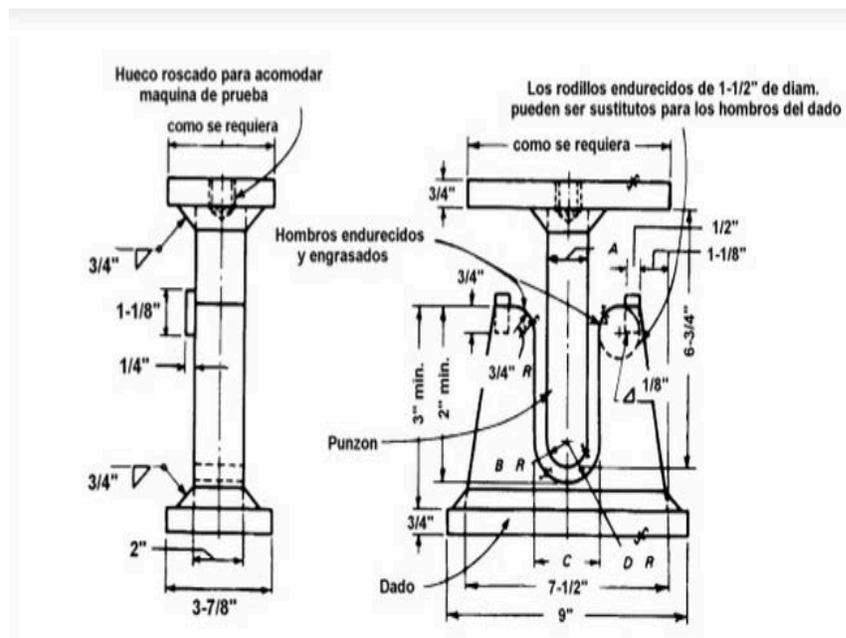


Figura 2.36 Dimensiones del dispositivo de pruebas para doblado

(Fuente: : Ing. René SA- Lopez Barreiro disponible en www.scribd.com/doc/6164000/PRUEBAS-MECANICAS)

2.4.3.7 Ensayo Metalográfico

El exámen estructural de los materiales y aleaciones por vía microscópica es una de las armas principales que posee el metalurgista, ya sea en investigación científica como en el control de la calidad de los materiales, teniendo en cuenta la conocida relación estructura – propiedades.

La importancia de la observación micrográfica está dada por la influencia que ejercen los componentes químicos de una aleación que pueden encontrarse en forma de una solución sólida homogénea, en forma de un compuesto intermetálico de composición química definida, dispersa en el seno de una solución sólida, en forma de una mezcla eutéctica, etc.

La obtención de una superficie perfectamente plana y pulido especular, nos permitirá llegar a conclusiones exactas y ello dependerá exclusivamente de la prolijidad y esmero con que se realice esa tarea, siguiendo las técnicas usuales.

La elección de los reactivos de ataque y de los aumentos a los que serán observados los distintos constituyentes, están dentro de las variables que juegan en un análisis metalográfico, como son la calidad de lo que se quiere observar y la dimensión apropiada de su magnificación para interpretar el problema que se desea estudiar.

Se puede concluir entonces, que el objetivo de la preparación de una muestra metalografía es la revelación de la estructura verdadera, llamando en teoría estructura verdadera a la cual no posea deformaciones, rayas, arranques de material, elementos extraños, aplastamientos, relieves, bordes redondeados y daños térmicos. Esto se logra con la realización de un método sistemático de preparación.

Método de Preparación:

Hay veces que una vez recibido el material es necesario seccionarlo o cortarlo en una forma determinada. Se trata de lograr superficies planas con la menor deformación posible. En general, los mejores resultados se obtienen con corte por abrasivo húmedo. En general, materiales blandos se cortan con discos duros y viceversa. Un factor a tener en cuenta es la temperatura generada por rozamiento en el corte, el cual debe realizarse con un líquido lubrificante, (en el caso del disco abrasivo y/o serrucho mecánico o manual), de lo contrario se estaría modificando la estructura original. Si se corta con soplete se debe eliminar la zona afectada por el calor mediante algún método mecánico.

En todos los casos, y como ya se ha mencionado, la muestra que se extraiga, debe representar las características del material de origen. En general se deben obtener por lo menos dos cortes: uno longitudinal y otro transversal, para analizar las estructuras y las propiedades en esas dos direcciones (salvo en el caso de materiales directos de colada - fundidos). Es decir, es necesario conocer de antemano el proceso de fabricación y/o tratamientos térmicos del espécimen para determinar las zonas de extracción y los tipos de corte a realizar. Si se realiza un estudio de falla, la muestra debe tomarse lo más cerca posible de la falla o en la iniciación de esta.

Montaje:

Cuando se considere necesario para una mejor manipulación de la muestra o para evitar la conservación de los bordes o alguna capa constituyente, es necesario montar la muestra en lo que llamamos "inclusión". La pieza debe estar libre de grasa o contaminante que interfiera en la adherencia.

Montaje en caliente:

La muestra se coloca en una prensa generalmente hidráulica (incluidota), se añade luego un polímetro o baquelita. Los polímetros pueden ser de dos tipos: termoendurecibles o termoplásticos. Luego se somete el polímetro o baquelita a una presión y temperatura determinada según el caso y posteriormente se enfría. Luego se saca la muestra de la prensa.

Montaje en frío: reacción química

Preparación Mecánica:

Para eliminar material de la superficie de la muestra, se utilizan abrasivos cada vez con partículas mas finas. Esto puede ser en forma manual o con pulidoras mecánicas.

Esmerilado grueso: Su objetivo es eliminar la superficie de la muestra que fue deformada por el proceso anterior y lograr un solo plano de pulido para las etapas posteriores. Se utilizan abrasivos de grano grueso (80 - 320), discos o papeles abrasivos al agua. El agua tiene por objeto refrigerar y barrer de la superficie las partículas de material tanto de la muestra como del abrasivo. Para pasar de un papel a otro se debe obtener una superficie plana, uniforme y las rayas deben estar en una misma dirección. Una vez logrado esto, se gira la muestra 90° y se precede de la misma forma. Luego ya se esta en condiciones de pasar al otro papel. Se recomienda en esta etapa cambiar el agua para que no queden partículas en suspensión.

La muestra se coloca en un molde, y luego se añaden las partes necesarias de las resinas mezclándolas previamente y luego se vierten sobre la muestra cubriendo a esta y todo el volumen entre la muestra y el molde.

Hay tres tipos de resinas en frío: Epoxi (menor contracción, excelente adherencia tiempo largo de solidificación), Acrílicas (menor tiempo y buena adherencia y son

termoplásticos), de Poliester (igual que el anterior pero duro plásticas).

Esmerilado fino: Es la etapa final del esmerilado. El procedimiento es igual al anterior con papeles (400 a 1200) o diamante en pasta desde 3 a 0,25 micrones.

Ataque Químico:

Todo el material distorsionado resultante de los varios pasos de la preparación debe ser completamente removido de la superficie antes de observar la muestra bajo el microscopio. El ataque se realiza sumergiendo la muestra metálica pulida en una solución ácida o básica débil que ataca a la superficie a una velocidad que varía con la orientación cristalina de la misma. Como los cristales de un metal tienen usualmente distintas orientaciones, los cristales adyacentes se disuelven por la solución de ataque a diferentes profundidades, produciendo el efecto de altilplano. Después del ataque las interacciones de los límites de grano atacados en la superficie, quedan marcados por una red de escarpaduras poco profundas. Estas superficies casi verticales no reflejan la luz en las lentes objetivos de un microscopio en la misma forma que las superficies horizontales y formas de los cristales que quedan entre ellos, y como resultado, se observará la posición de los límites de los cristales. Para la determinación del reactivo se tiene en consideración al material y el objetivo buscado por el ataque (Lopez, 2012)

2.5. Hipótesis

¿El estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre aceros ASTM A36 y A500 permitirá determinar las mejores propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses?

2.6. Señalamiento de variables

Variable Independiente: El estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre aceros ASTM A 36 y A500.

Variable Dependiente: Determinar Propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses

2.6.1. Termino de relación

Permitirá

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El enfoque que predomina es de carácter cualitativo porque buscamos y analizamos las diferentes causas de este problema que es objeto de estudio, esta investigación tuvo como propósito el comprobar la hipótesis mediante ensayos para posteriormente la interpretación de resultados obtenidos. Por el objetivo realizamos un estudio detallado y se dió la solución al problema de nuestra investigación que son los diferentes procesos de soldadura en la construcción de la estructura de un bus, aquí se da una tentativa solución adecuada para escoger el proceso adecuado para la elaboración de la estructura del bus y por ende la reducción de los defectos de soldadura en la carrocería.

En la presente investigación tuvo una tendencia hacia el paradigma cualitativo, debido a que en esta investigación se privilegia técnicas cualitativas buscando la comprensión de los fenómenos para orientarse hacia la formación de hipótesis que permiten solucionar la temática de esta investigación.

3.2. Modalidad básica de la investigación

➤ **Investigación de campo.**

Esta investigación se realizó en los laboratorios de la carrera de ingeniería mecánica, en el área de ingeniería de los materiales; en donde se realizaron ensayos de los diferentes cordones de soldadura

➤ **Bibliográfica:**

La investigación bibliográfica, además de que constituye una necesaria primera etapa de todas ellas, puesto que ésta proporciona el conocimiento de las investigaciones ya existentes teorías, hipótesis, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas. La información para la realización del estudio proviene tanto de fuentes primarias las cuales nos proporcionan información importante, la misma que fué recolectada en fuentes como libros, tesis, documentales e internet, mientras que la información secundaria son los resúmenes y listados de referencias que estén vigentes, así como personas entendidas en el tema que puedan servir de ayuda con su experiencia. Por lo tanto esta investigación bibliográfica se la realizó en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico.

3.3. Nivel o tipo de investigación

3.3.1. Exploratorio.

El nivel seleccionado para la investigación es de tipo exploratorio, ya que nos permite reconocer variables de interés investigativo, en el comportamiento de los diferentes procesos de soldadura utilizados en diferentes aceros de la estructura del bus , el cual es un problema poco investigado y permitió generar una hipótesis del tema.

3.3.2 Asociacion de variables

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

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población

Para la investigación se tomó en cuenta juntas a tope y filete de acero ASTM A 36 y A-500 presentes en la estructura del bus soldadas con electrodo AWS E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 sometidos a los siguientes ensayos:

Ensayo de doblez, ensayo de tracción y ensayo metalográfico

3.4.2.- Muestra

ESTUDIO DE CASOS:

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO (según norma AWS D1.3)

Proceso SMAW

Acero ASTM A 36

Probetas soldadas a tope: S36T-1, S36T-2 , S36T-3

Probetas soldadas a filete: S36F-1, S36F-2, S36F-3

Probetas con soldadura de ranura por doblez: S36R-1, S36R-2, S36R-3

Probetas con soldadura de ranura en V por doblez: S36RV-1, S36RV-2, S36RV-3

Acero ASTM A-500

Probetas soldadas a tope: S500T-1, S500T-2 , S500T-3

Probetas soldadas a filete: S500F-1, S500F-2, S500F-3

Probetas con soldadura de ranura por doblez: S500R-1, S500R-2, S500R-3

Probetas con soldadura de ranura en V por doblez: S500RV-1, S500RV-2, S500RV-3

Proceso GMAW

Acero ASTM A 36

Probetas soldadas a tope: G36T-1, G36T-2 , G36T-3

Probetas soldadas a filete: G36F-1, G36F-2, G36F-3

Probetas con soldadura de ranura por doblez: G36R-1, G36R-2, G36R-3

Probetas con soldadura de ranura en V por doblez: G36RV-1, G36RV-2, G36RV-3

Acero ASTM A-500

Probetas soldadas a tope: G500T-1, G500T-2 , G500T-3

Probetas soldadas a filete: G500F-1, G500F-2, G500F-3

Probetas con soldadura de ranura por doblez: G500R-1, G500R-2, G500R-3

Probetas con soldadura de ranura en V por doblez: G500RV-1, G500RV-2, G500RV-3

ENSAYO DE TRACCIÓN:

Proceso SMAW

Acero ASTM A 36 : Probetas: S36TR-1, S36TR-2, S36TR-3

Acero ASTM A-500: Probetas: S500TR-1, S500TR-2, S500TR-3

Proceso GMAW

Acero ASTM A 36 Probetas: G36TR-1, G36TR-2, G36TR-3

Acero ASTM A-500 Probetas: G500TR-1, G500TR-2, G500TR-3

ENSAYO METALOGRÁFICO

Proceso SMAW

Acero ASTM A 36 Probetas: S36M-1, S36M-2, S36M-3

Acero ASTM A-500 Probetas: S500M-1, S500M-2, S500M-3

Proceso GMAW

Acero ASTM A 36 Probetas: G36M-1, G36M-2, G36M-3

Acero ASTM A-500 Probetas: G500M-1, G500M-2, G500M-3

3.5 Operacionalización de variables

Variable Independiente: Estudio de los procesos de soldadura SMAW Y GMAW sobre acero ASTM A 36 y A-500

CONTEXTULIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el <i>baño de soldadura</i>) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma.</p>	<p>Soldadura</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Material base. (unión soldada). Tipo de Proceso de Soldadura Tipo de Material de aporte Tipo de Juntas Soldadas 	<p>Acero A36, A500, acero galvanizado.</p> <p>¿ Que proceso de soldadura es el mas adecuado SMAW o GMAW para soldar la estructura del bus?</p> <p>¿Cuales son los electrodos que se utilizaran en los metales según el proceso de soldadura utilizado?</p> <p>¿Cuales son los tipos de juntas soldadas utilizadas en la fabricacion de la estructura de un bus?</p>	<p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Tabulación de datos de ensayos de laboratorio</p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Tabulación de datos</p> <p>Manuales, Catálogos, Normas.</p> <p>Manuales, Catálogos, Normas.</p> <p>Manuales, Catálogos, Normas</p>

Variable Dependiente: Determinar Propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses

CONTEXTULIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Propiedades Mecánicas</p> <p>Describen la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas .</p>	<p>Analisis metalográfico</p> <p>Ensayo de Doble (en función Norma D1.3)</p> <p>Ensayo de tracción</p>	<p>Componentes de la microestructura</p> <p>Tipos de Discontinuidades en el cordon de soldadura</p> <p>-Resistencia a la tracción - % de Elongación</p>	<p>0-100%</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo (norma D1.3)</p> <p>400 – 550(MPa)</p>	<p>T: Observación de laboratorio</p> <p>I: Manuales, Catálogos, Normas.</p> <p>Fuentes de Observacion</p>

3.6 Recolección de la información:

En la presente investigación se realizó estudios de tipo bibliográficos y experimentales se utilizaron técnicas para la recolección de la información tales como la observación y analizar la información que sirvió como guía en la investigación, recolección de información de libros e Internet, análisis y pruebas en el laboratorio.

3.7 Procesamiento y análisis:

3.7.1 Plan de procesamiento

El proceso para la obtención de la información se basó en forma experimental por medio de los diferentes ensayos como son metalográficos, de dureza y tracción con el cual se determinara cual de los 2 procesos de soldadura es el más confiable para soldar la estructura del bus

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

3.7.2. Análisis e interpretación de resultados

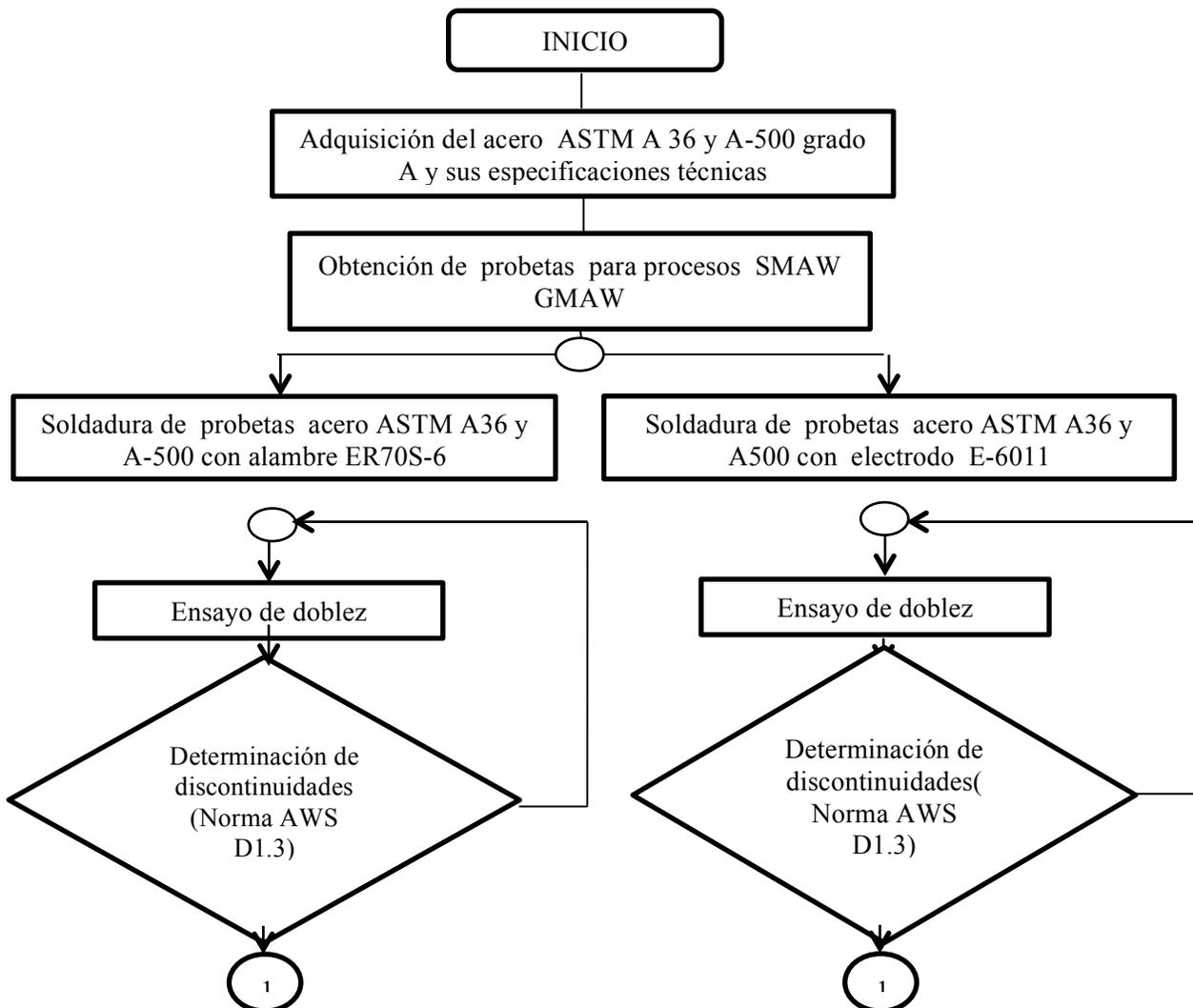
Para la interpretación de resultados necesitamos contar con el apoyo del marco teórico, además analizamos la resistencia de las juntas soldadas con los 2 métodos como son SMAW y GMAW que nos permitió resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo a los objetivos e hipótesis permitiéndonos comprobar la validez de dicha hipótesis para de esta manera otorgar nuestras conclusiones y recomendaciones

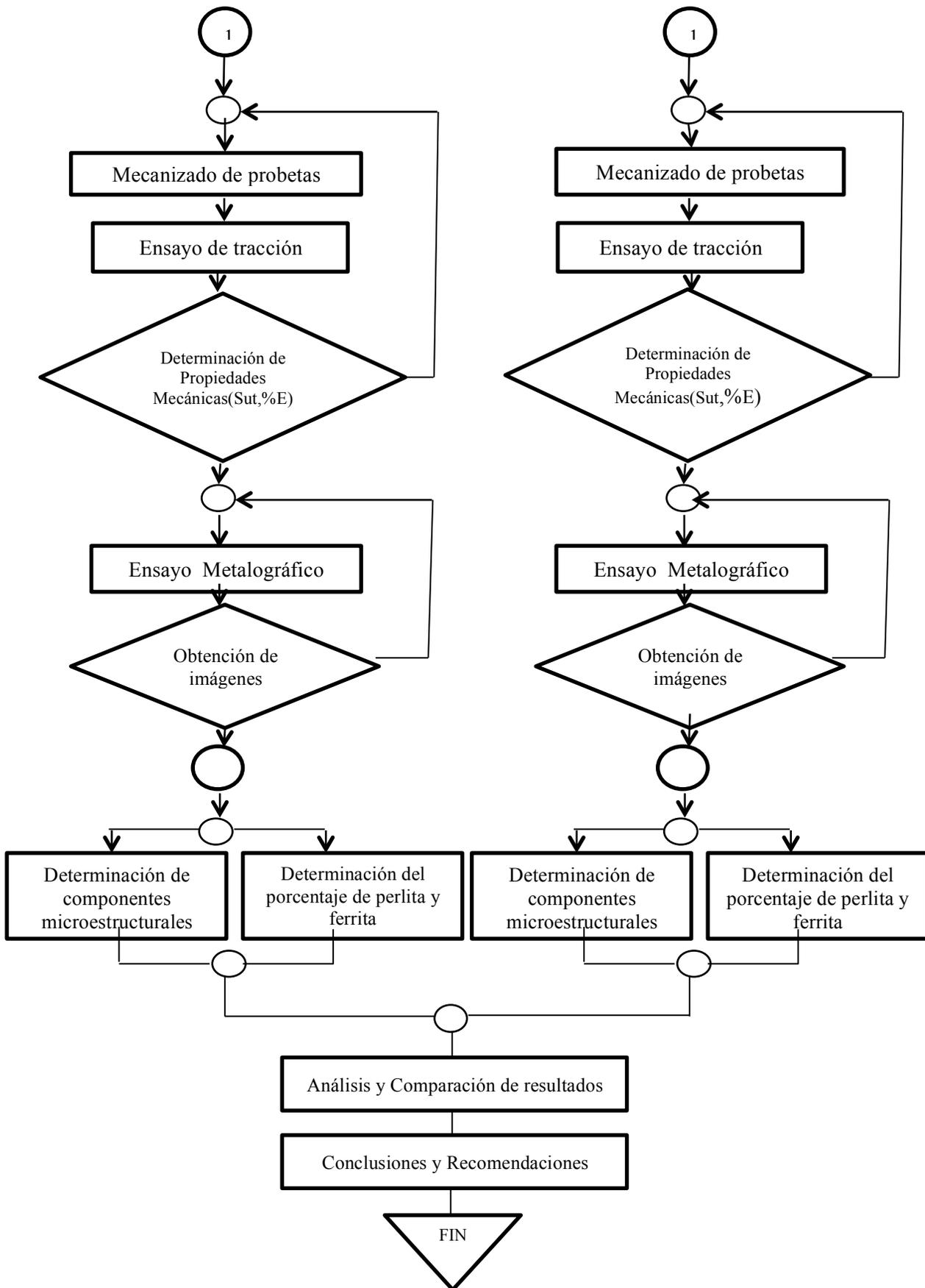
CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Proceso de obtención y análisis de resultados

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso de obtención de resultados el cual ha sido adaptado al Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses





4.2. Especificaciones material utilizado: Acero ASTM A 36 y ASTM A-500

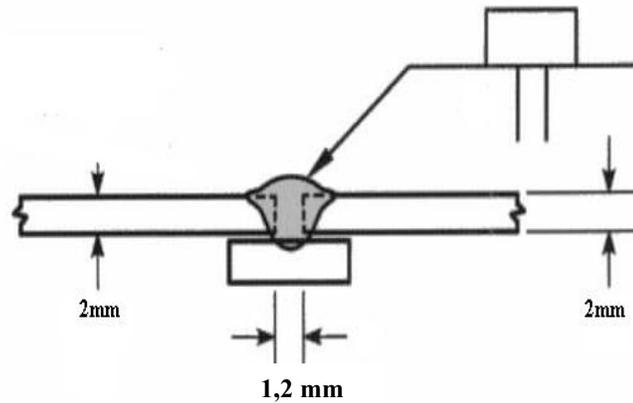
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA LABORATORIO DE MATERIALES		
	DATOS INFORMATIVOS:		
Autorizado por: Ing. Mg. Juan Paredes		Realizado por: Juan Velasteguí	
Probeta: Todas		Fecha de ejecución: 02/10/2013	
Lugar: Laboratorio de materiales		Flujo de aire del medio: Estático.	
Temperatura del lugar: 22 °C			
Denominaciones Del Acero Utilizado			
Material	Acero	Detalle Referencial	
Tipo	ASTM A 36		
Espesor	2 mm		
Resistencia a la Tracción:	400-550 MPa		
Límite de fluencia	250 MPa		
% de Elongación	21		
% de Carbono	0,25		
Observaciones			
Denominaciones Del Acero Utilizado			
Material	Acero	Detalle Referencial	
Tipo	ASTM A-500		
Espesor	2 mm		
Resistencia a la Tracción:	310-427 Mpa		
Límite de fluencia	269-345 Mpa		
% de Elongación	23		
% de Carbono	0,26		
Observaciones			
Autor: Juan Velasteguí			



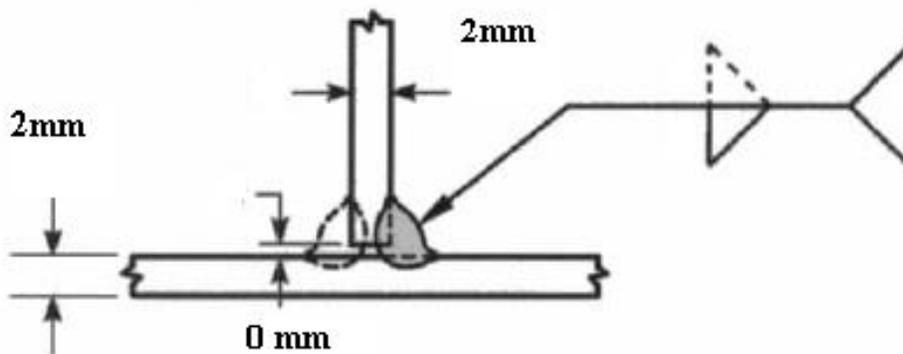
DISEÑO DE LAS SOLDADURAS

De acuerdo con la norma AWS D1.3 (Anexo B3); el diseño de la junta soldada es como se indica a continuación.

SOLDADURA DE RANURA (JUNTA A TOPE)



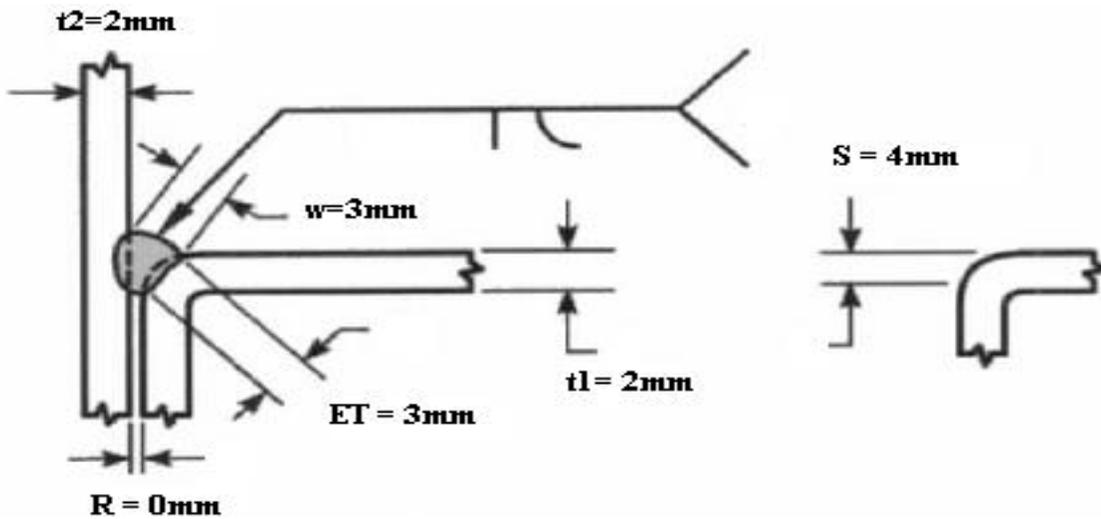
SOLDADURA DE FILETE (JUNTA EN T)



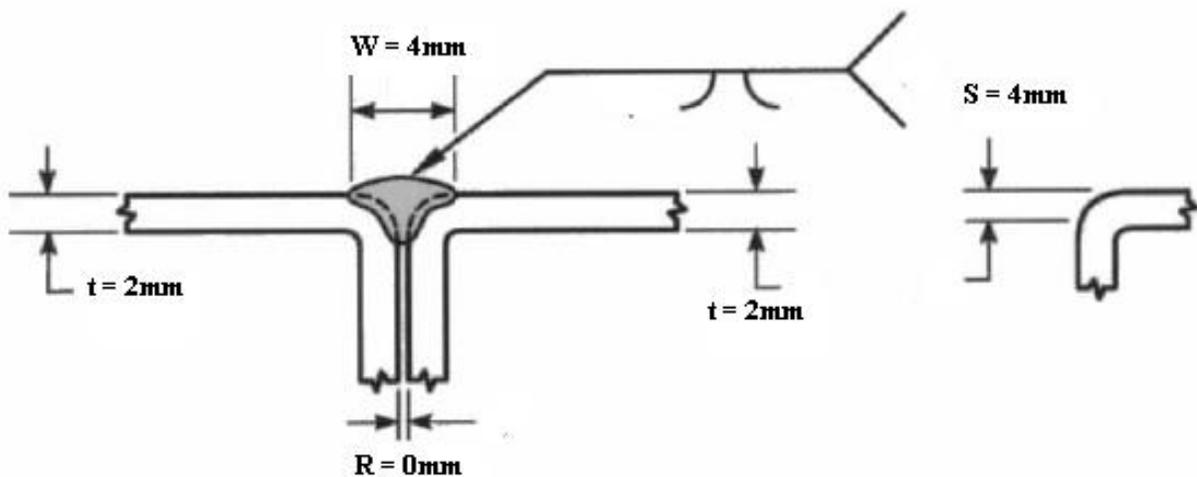


DISEÑO DE LAS SOLDADURAS

SOLDADURA DE RANURA POR TOBLEZ (JUNTA A TOPE, ESQUINA)



SOLDADURA DE RANURA EN V POR DOBLEZ (JUNTA A TOPE)





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



REG: TP/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S36T-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Ranura	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3G
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 02/10/2013	Supervisor: Ing. Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S36T-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. Tiene el refuerzo mínimo de 1mm</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>
Probeta S36T-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. Tiene el refuerzo mínimo de 1mm</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>

Probeta: S36T-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	
		Después del doblado: Se observa fisuras en el cordón de soldadura.	
		Criterio de aceptación y rechazo: No Aprueba	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S36T-1	✓	
02	S36T-2	✓	
03	S36T-3		✓

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		REG: F/DG

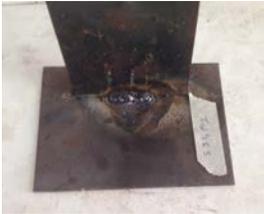
ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S36F-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Filete	Tipo de Junta: <u>En T</u>	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 03/10/2013	Supervisor: Ing. Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S36F-1	Observaciones
	Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.

		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta S36F-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta: S36F-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S36F-1	✓	
02	S36F-2	✓	
03	S36F-3	✓	



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



REG: R/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S36R-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: De ranura por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 04/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S36R-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme No se observan fisuras y mordeduras</p>
	<p>Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 1,6 mm</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u></p>
Probeta S36R-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme Libre de fisuras y mordeduras</p>
	<p>Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>

Probeta: S36R-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: Aprueba	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S36R-1		✓
02	S36R-2	✓	
03	S36R-3	✓	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	 REG: RV/DG
--	---	--

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S36RV-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: De ranura en V por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 07/10/2013	Supervisor: Ing. Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S36RV-1	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras

		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta S36RV-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta: S36RV-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S36RV-1	✓	
02	S36RV-2	✓	
03	S36RV-3	✓	



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



REG: TP/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S500T-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Ranura	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3G
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 08/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S500T-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura.</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>
Probeta S500T-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>

Probeta: S500T-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	
		Después del doblado: Se observan fisuras en el cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: No Aprueba	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S500T-1	✓	
02	S500T-2	✓	
03	S500T-3		✓

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
			REG: F/DG
ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS:			
Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S500F-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW	
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito	
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional			
Técnica de soldadura: Filete	Tipo de Junta: En T	Posición de Soldadura: 3F	
Material de Aporte: Electrodo E-6011			
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 10/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes	
ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO			
Probeta S500F-1		Observaciones	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	

		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta S500F-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta: S500F-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S500F-1	✓	
02	S500F-2	✓	
03	S500F-3	✓	



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



REG: R/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S500R-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.		
Técnica de soldadura: De ranura por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 11/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta S500R-1	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras
	Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 4,2 mm
	Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>
Probeta S500R-2	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras
	Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm
	Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>

Probeta: S500R-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 2,3 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: Aprueba	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S500R-1	✓	
02	S500R-2	✓	
03	S500R-3	✓	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO			
DATOS INFORMATIVOS:			
Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S500RV-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW	
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito	
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional			
Técnica de soldadura: De ranura en V por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F	
Material de Aporte: Electrodo E-6011			
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 14/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes	
ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO			
Probeta S500RV-1		Observaciones	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	

		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,1 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta S500RV-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta: S500RV-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	S500RV-1	✓	
02	S500RV-2		✓
03	S500RV-3	✓	



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



REG: TP/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G36T-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Ranura	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3G
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 15/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G36T-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. Tiene el refuerzo mínimo de 1mm</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>
Probeta G36T-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa falta de penetración. No cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura.</p>
	<p>Después del doblado: Se observan fisuras en el cordón de soldadura</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u></p>

Probeta: G36T-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	
		Después del doblado: Se observa fisuras en el cordón de soldadura.	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G36T-1	✓	
02	G36T-2		✓
03	G36T-3		✓

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		REG: F/DG

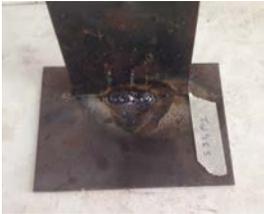
ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G36F-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Filete	Tipo de Junta: <u>En T</u>	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 16/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G36F-1	Observaciones
	Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.

		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta G36F-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta: G36F-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G36F-1	✓	
02	G36F-2	✓	
03	G36F-3	✓	



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



REG: R/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G36R-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: De ranura por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 17/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G36R-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme Libre de fisuras y mordeduras</p>
	<p>Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,3 mm</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>
Probeta G36R-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme Libre de fisuras y mordeduras</p>
	<p>Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,2 mm</p>
	<p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>

Probeta: G36R-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,5 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: Aprueba	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G36R-1	✓	
02	G36R-2	✓	
03	G36R-3	✓	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		REG: RV/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G36RV-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: De ranura en V por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 18/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G36RV-1	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras

		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta G36RV-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta: G36RV-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G36RV-1	✓	
02	G36RV-2	✓	
03	G36RV-3	✓	



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



REG: TP/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G500T-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Ranura	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3G
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 21/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G500T-1	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura.</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u></p>
Probeta G500T-2	Observaciones
	<p>Previas al Doblado: Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura</p>
	<p>Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura</p> <p>Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u></p>

Probeta: G500T-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	
		Después del doblado: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G500T-1	✓	
02	G500T-2		✓
03	G500T-3		✓

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		REG: F/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G500F-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: Filete	Tipo de Junta: <u>En T</u>	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 22/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G500F-1	Observaciones
	Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.

		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta G500F-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón	
Probeta: G500F-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	
		Después del doblado: Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G500F-1	✓	
02	G500F-2	✓	
03	S500F-3		✓



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



REG: R/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: S500R-1,2,3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.		
Técnica de soldadura: De ranura por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 24/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G500R-1	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras
	Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm
	Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>
Probeta G500R-2	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras
	Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 2,9 mm
	Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>

Probeta: G500R-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme, no se observan fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Se observa falta de fusión en el cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G500R-1	✓	
02	G500R-2	✓	
03	G500R-3		✓

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		REG: RV/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3	Probeta: G500RV-1,2,3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Técnica de soldadura: De ranura en V por doblez	Tipo de Junta: A Tope	Posición de Soldadura: 3F
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2.		
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 27/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN/RECHAZO

Probeta G500RV-1	Observaciones
	Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras

		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta G500RV-2		Observaciones	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>No Aprueba</u>	
Probeta: G500RV-3		Observaciones:	
		Previas al Doblado: Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras	
		Después del doblado: Tamaño de la soldadura es de 2,8 mm	
		Criterio de aceptación y rechazo: <u>Aprueba</u>	
Probeta	Código	Criterio de aceptación y rechazo	
		Aprueba	No Aprueba
01	G500RV-1	✓	
02	G500RV-2		✓
03	G500RV-3	✓	



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



REG: TP/TC

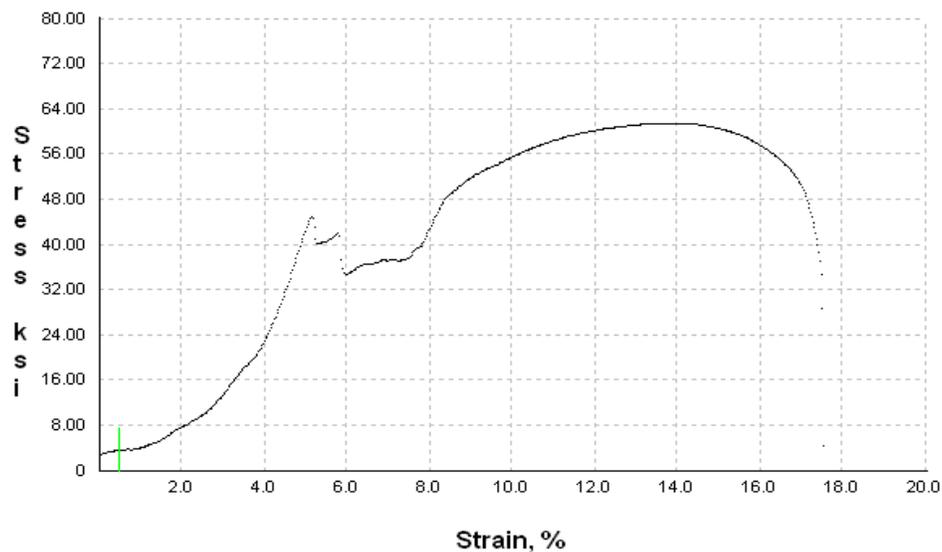
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S36T-1	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2 mm	Ciudad: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Maquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 24/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident.	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportado		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	MPa	
S36T-1	6,41	2,04	1,247	5,547	61,4	424	21,3
Observaciones:			Falla Material Base				
Calificación:			Aprueba				



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



REG: TP/TC

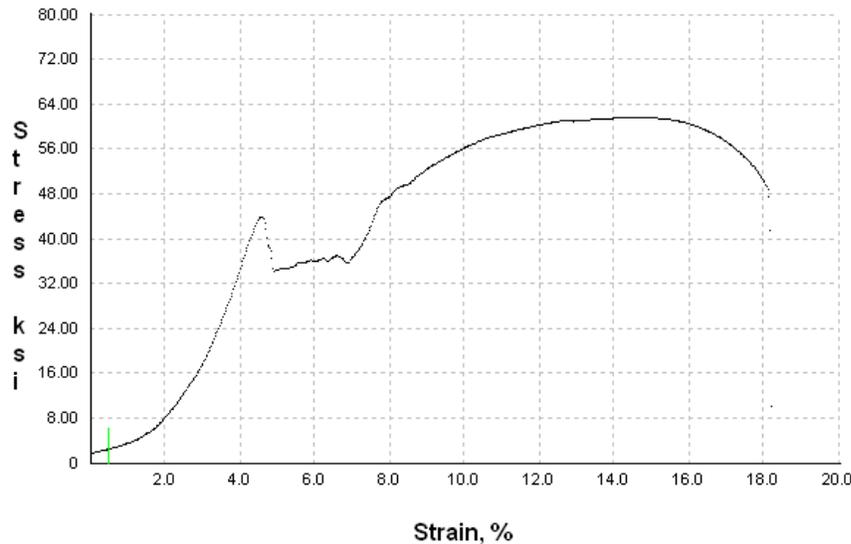
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S36T-2	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 24/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
S36T-2	6,84	1,99	1.299	5.778	61,4	425	18,1
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

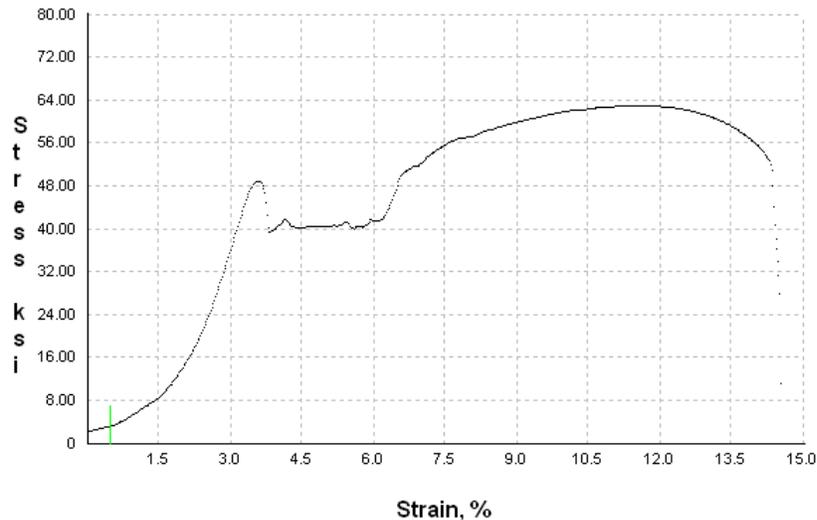
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S36T-3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 24/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
S36T-3	6,27	1,89	1.159	5.155	63	435	12,8
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

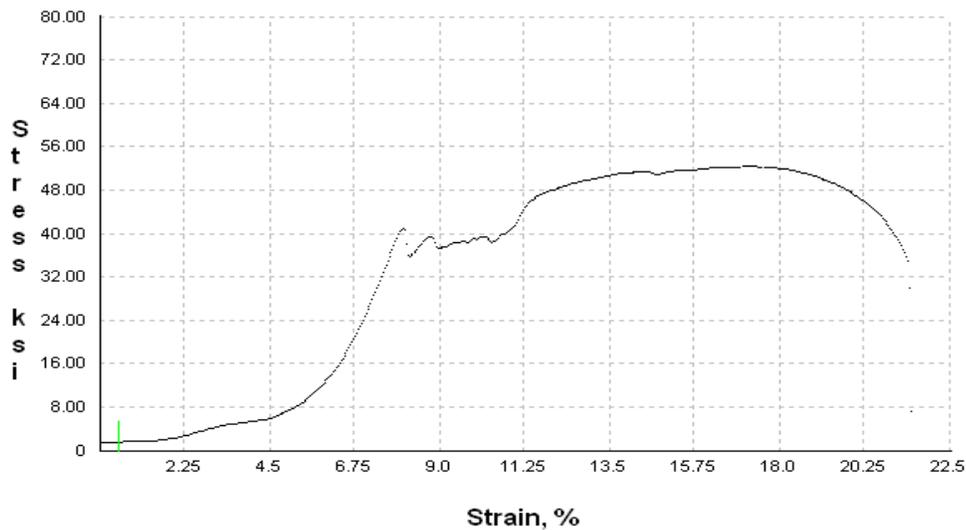
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S500T-1	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
S500T-1	6,39	1,94	945	4204	49,1	339	26,6
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

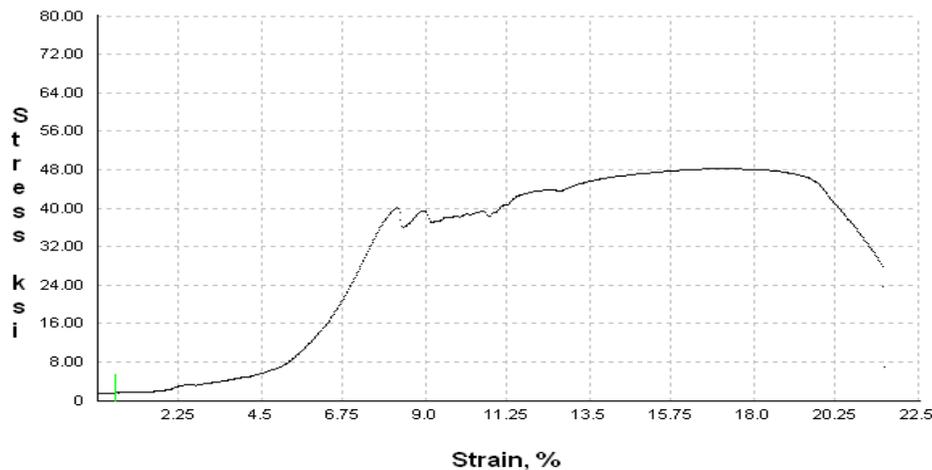
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S500T-2	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
S500T-2	6,22	1,93	837	3723	44,9	310	10
Observaciones:				Falla Junta Soldada			
Calificación				No Aprueba			



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



REG: TP/TC

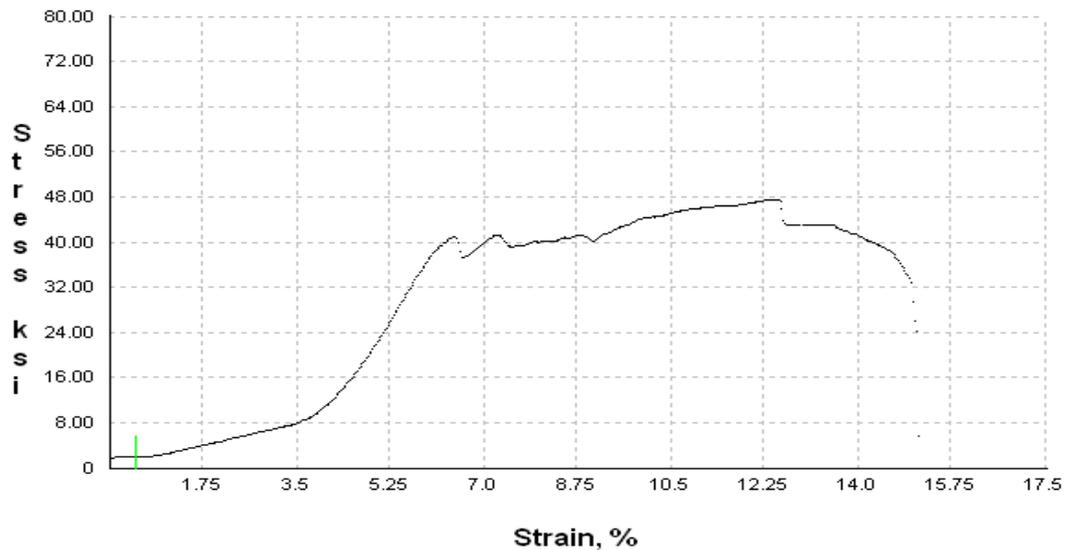
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: S500T-3	Proceso de Soldadura: SMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Electrodo E-6011		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg. Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
S500T-3	7,00	1,96	1167	5191	54,8	378	21,4
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

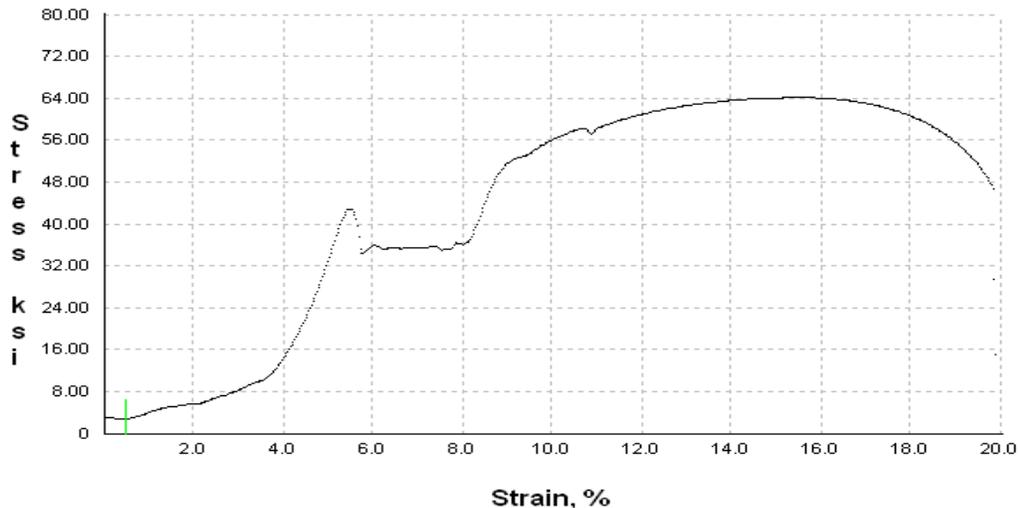
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G36T-1	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G36T-1	6,99	1,91	1342	5970	64,7	447	23,4
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

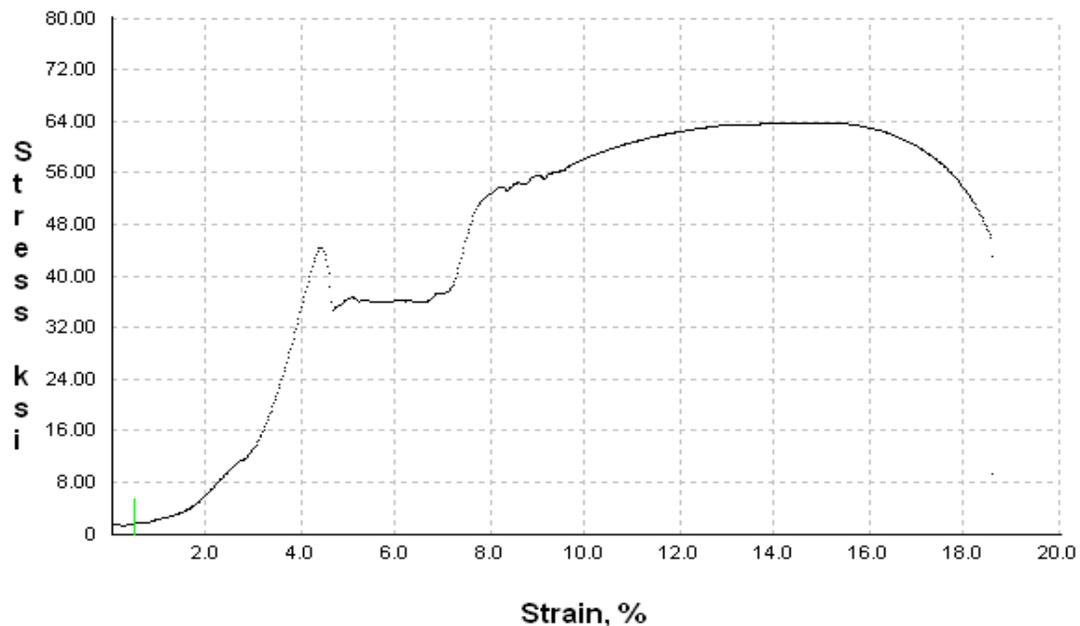
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G36T-2	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G36T-2	6,95	1,92	1322	5881	63,8	441	23,2
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

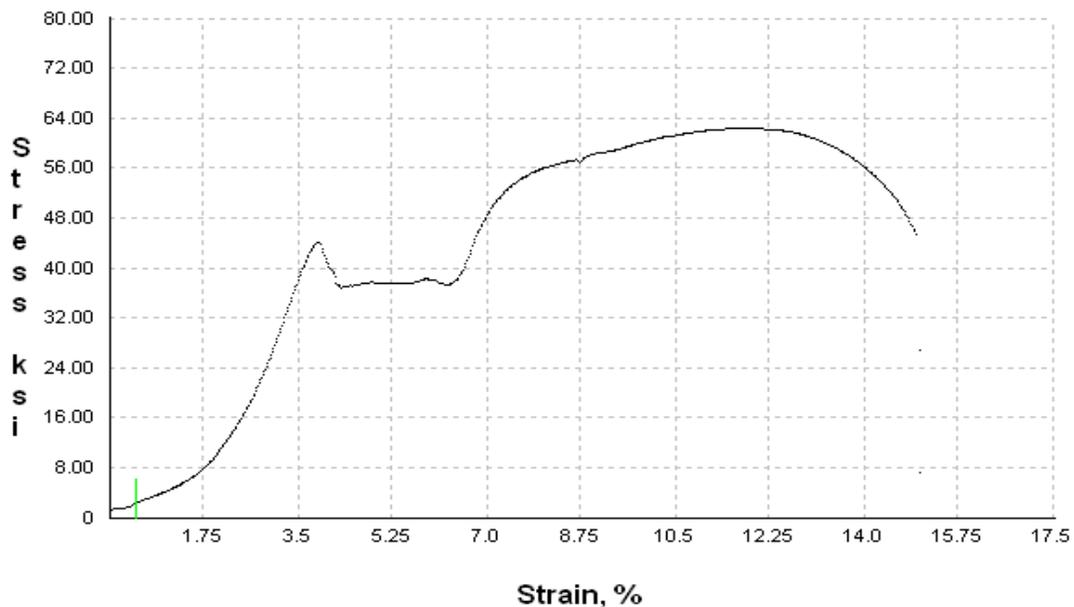
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G36T-3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A 36	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G36T-3	6,65	1,97	1270	5649	62,4	431	8,4
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

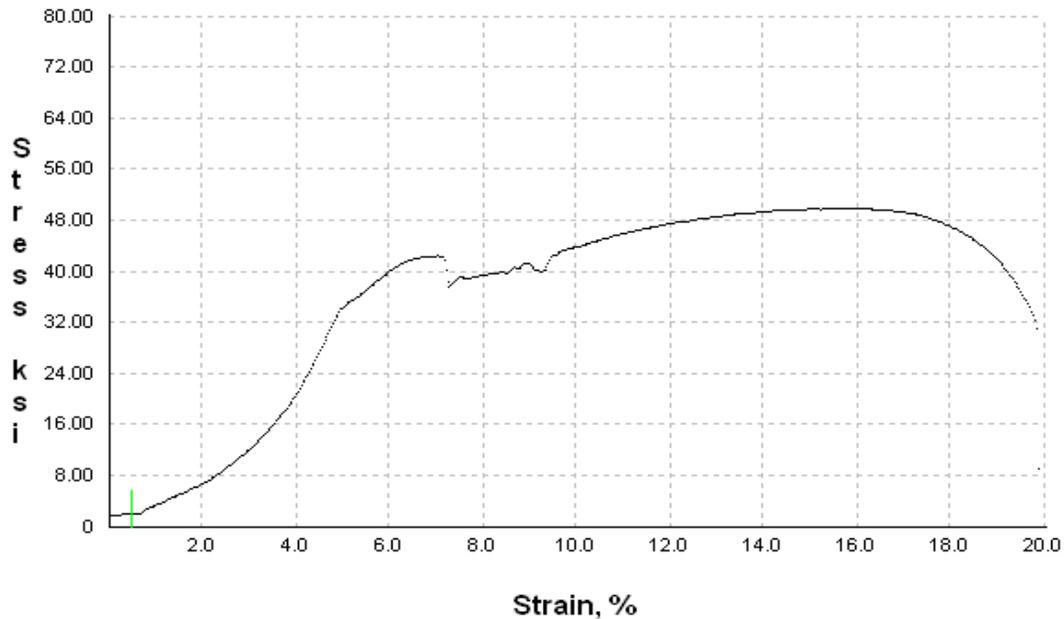
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G500T-1	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G500T-1	7,03	1,82	1038	4617	52,2	361	20,9

Observaciones: Falla Material Base

Calificación: Aprueba



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



REG: TP/TC

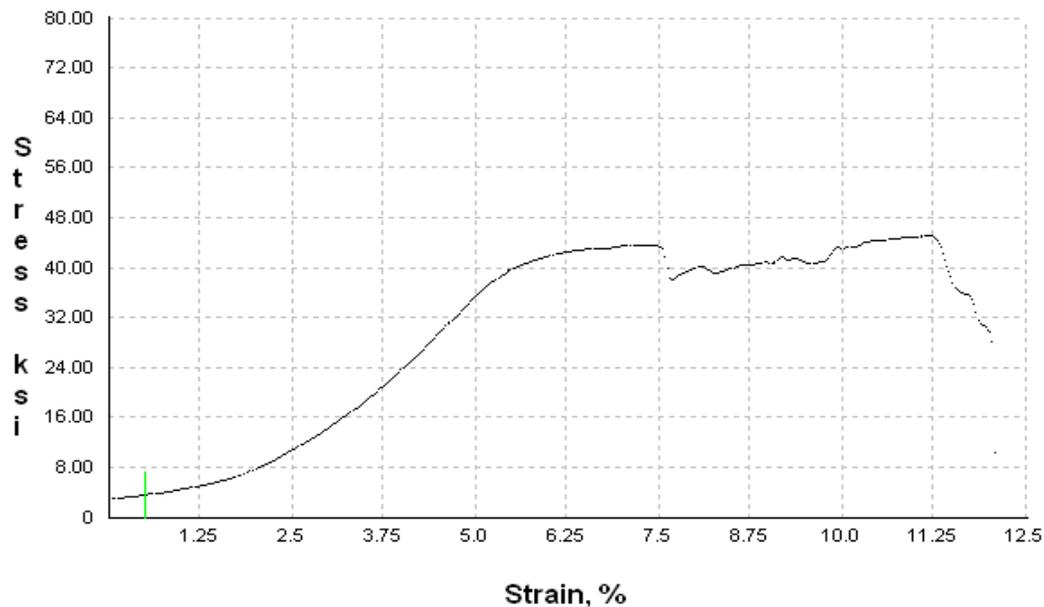
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G500T-2	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G500T-2	6,72	1,92	965	4293	48,2	333	21,6
Observaciones:				Falla Material Base			
Calificación				Aprueba			



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



REG: TP/TC

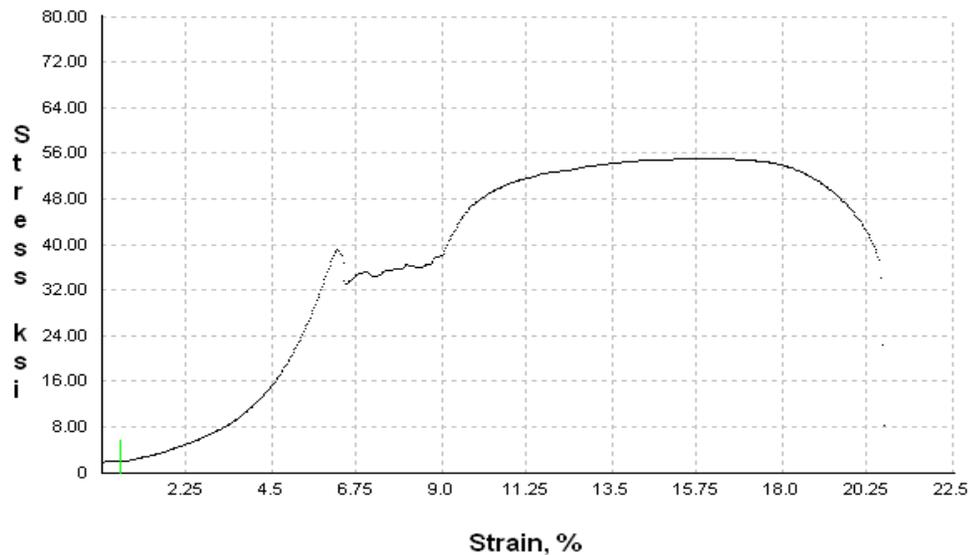
ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: ASTM E8	Probeta: G500T-3	Proceso de Soldadura: GMAW
Material: ASTM A-500	Espesor: 2mm	Lugar: Quito
Laboratorio: Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional		
Material de Aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂ .		
Método: Deformación controlada	Máquina: Máquina Universal	
Responsable: Juan Velasteguí	Fecha: 25/10/2013	Supervisor: Ing.Mg.Juan Paredes

RESULTADO:

GRAFICO ESFUERZO – DEFORMACIÓN



Ident	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga Máxima Soportada		Resistencia a la Tracción		Elongación (%)
	mm	mm	lbf	N	Ksi	Mpa	
G500T-3	6,37	1,93	901	4008	47,2	326	12,2
Observaciones:				Falla Junta Soldada			
Calificación				No Aprueba			



ENSAYO METALOGRÁFICO

Datos Informativos:

Tipo de estudio: De laboratorio	Espesor del material: 2 mm
Probeta:	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 16/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velasteguí	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO ASTM A36 COMO VIENE DE FÁBRICA



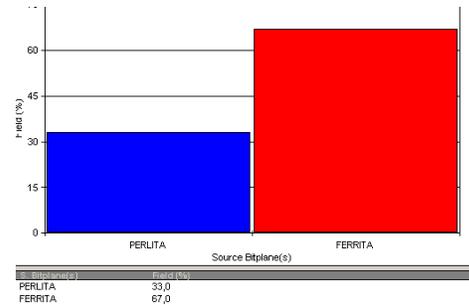
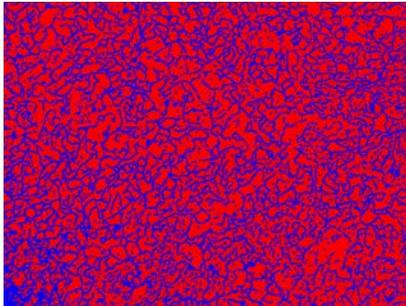
Acero ASTM A 36 como viene de fábrica (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ACERO ASTM A 36 COMO VIENE DE FÁBRICA

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Cálculo de la Resistencia a la Tracción:

$$R.T.A = \frac{28*(\%Ferrita) + 84*(\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28*(67) + 84*(33)}{100} = 46.48 \text{ kgf/mm}^2 = 455.8 \text{ MPa}$$

$$\%C = \frac{\%Perlita}{130} = \frac{33}{130} = 0.253 \%$$

Interpretación de Resultados:

El contenido de Carbono corresponde al de un acero ASTM A 36. La resistencia a la tracción calculada de 46.48 kgf/mm² (66.1 ksi) esta en el rango de un acero ASTM A36 (anexo A1). El tamaño de grano es 10.16 \cong 10



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



ENSAYO METALOGRAFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

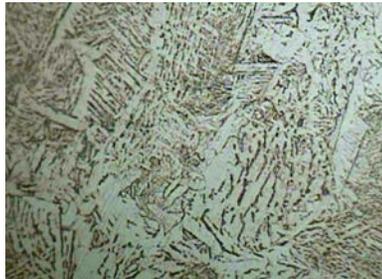
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S36M-1	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 16/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

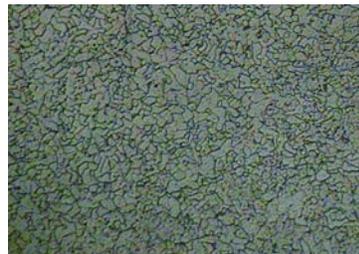
**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL
ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



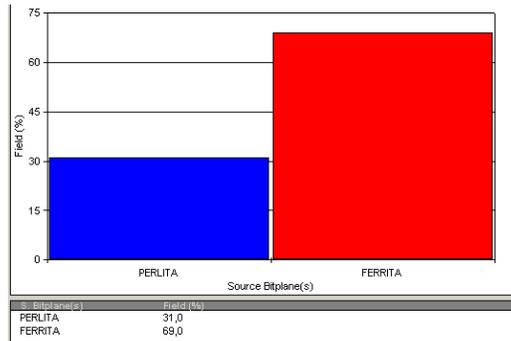
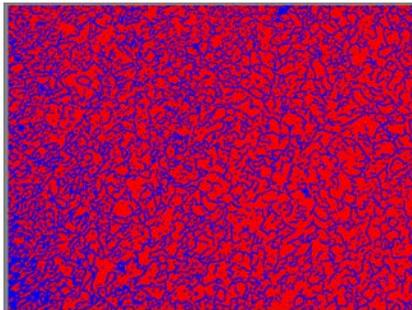
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



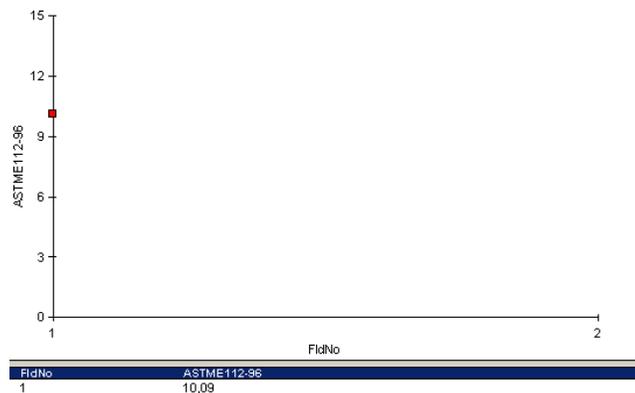
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E6011 se puede indicar que los componentes de material base son 69% de Ferrita y 31% de Perlita

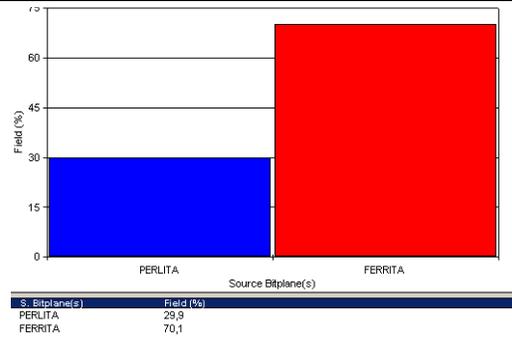
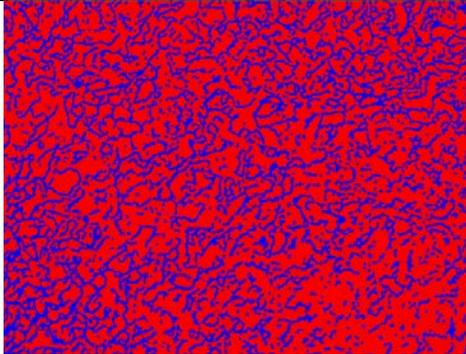
El tamaño de grano es $10.09 \cong 10$



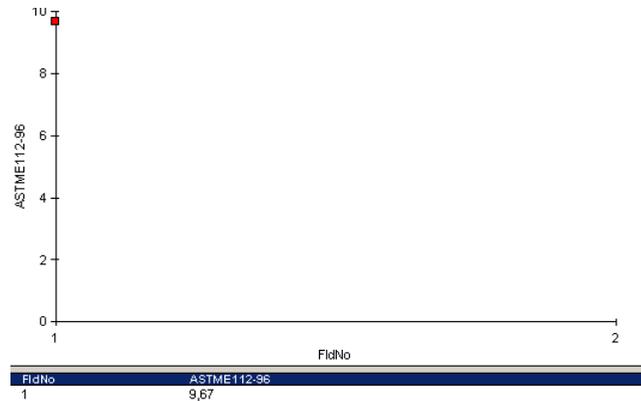
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 70.1% de Ferrita y 29.9% de Perlita

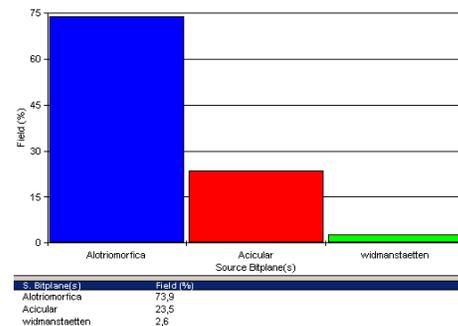
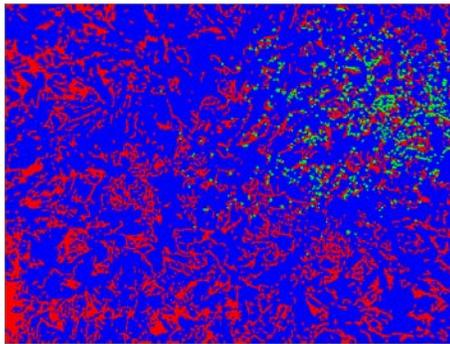
El tamaño de grano es $9.57 \cong 9.5$



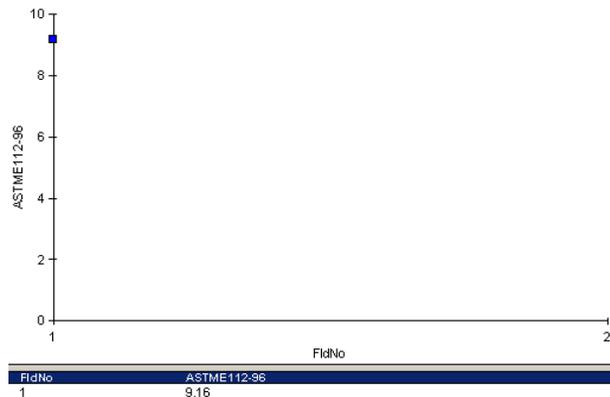
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), Ferrita de Widmanstaetten ($\alpha\omega$).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A36 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 73.9% de Ferrita Alotriomórfica (α), 23.5 % de Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), y 2.6% de Ferrita de Widmanstaetten ($\alpha\omega$).

El tamaño de grano es $9.16 \cong 9$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

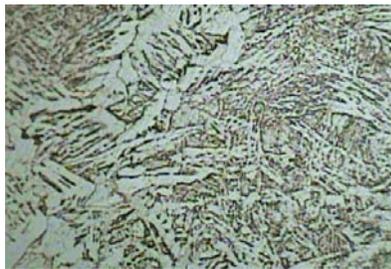
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S36M-2	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 16/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

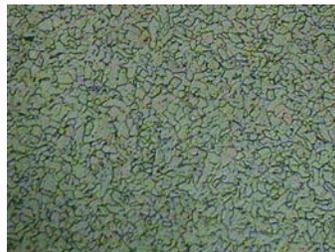
**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL
ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)**



Soldadura (100X, Nital 4, 6s)



ZAT (100X, Nital 4, 6s)



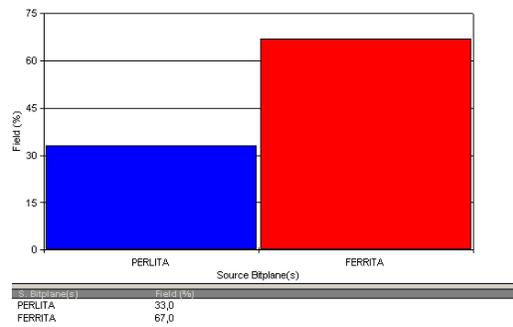
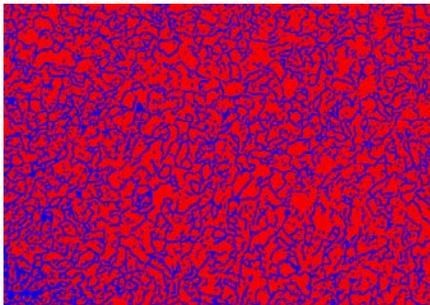
Material Base (100X, Nital 4, 6s)



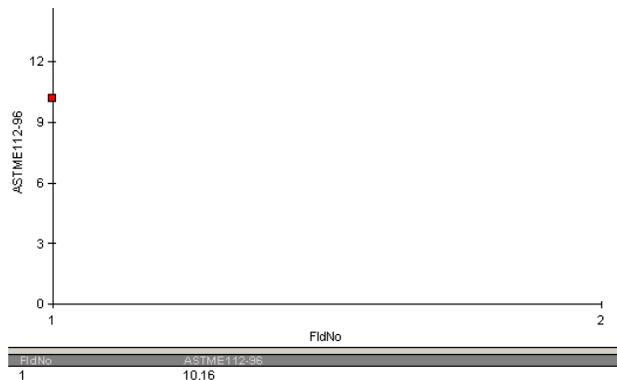
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de material base son 67% de Ferrita y 33% de Perlita

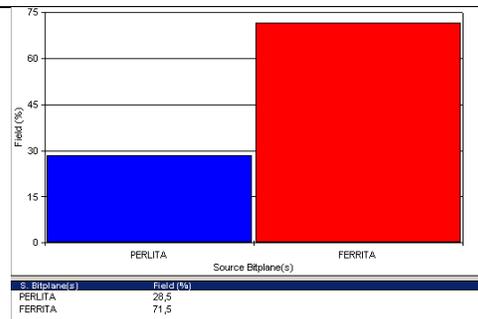
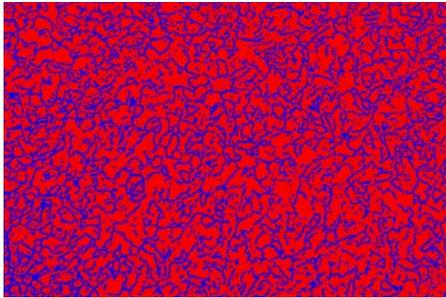
El tamaño de grano es $10.16 \cong 10$



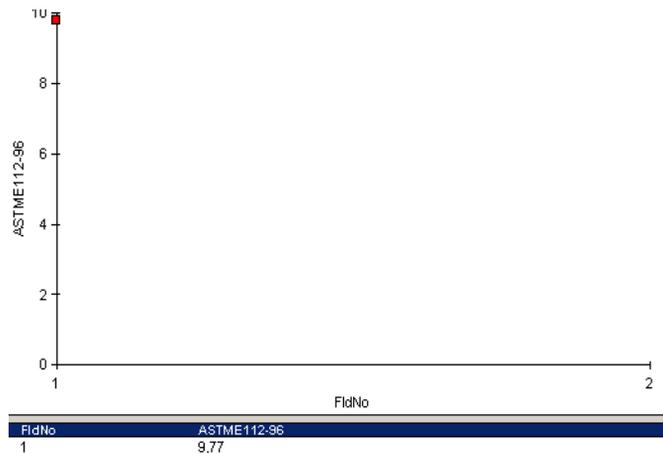
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

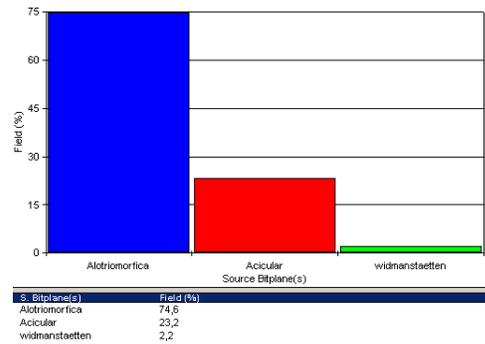
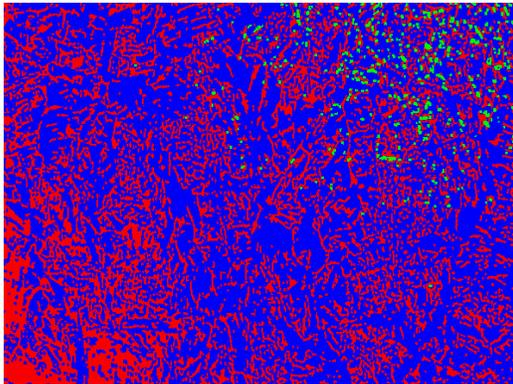
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 71.5% de Ferrita y 28.5% de Perlita.
El tamaño de grano es $9.77 \cong 10$



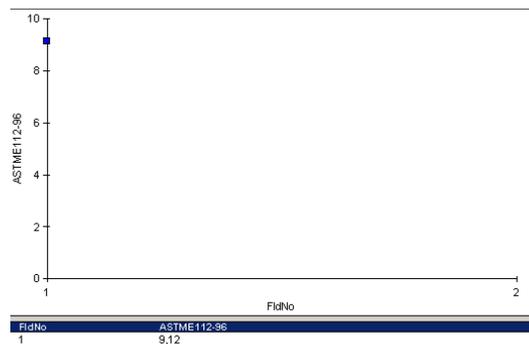
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A36 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 74.8% de Ferrita Alotriomórfica (α), 23.2 % de Ferrita Acicular (α_a), y 2.2% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $9.12 \cong 9$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

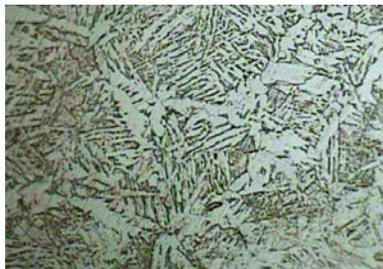
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S36M-3	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 17/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

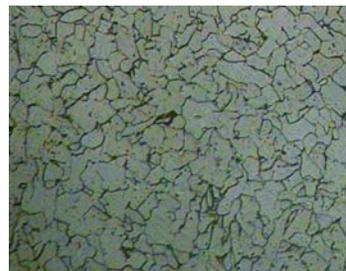
Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL
ACERO ASTM A 36 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



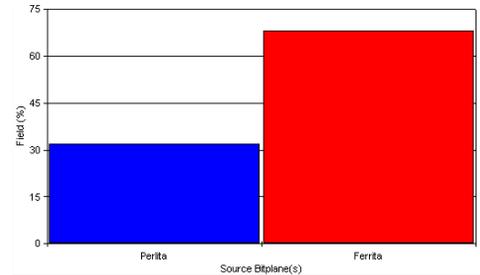
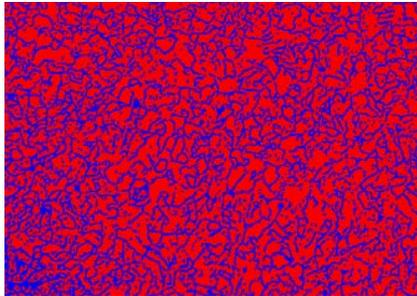
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

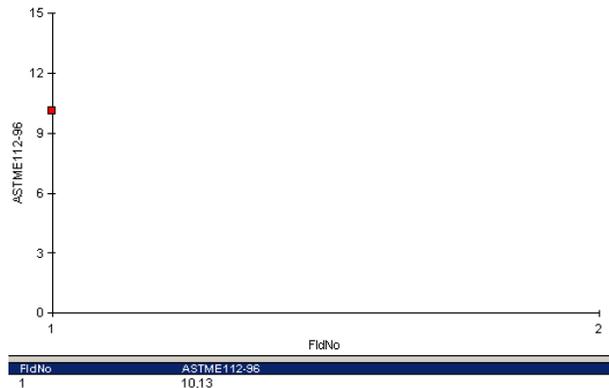
Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Source Bitplane(s)	Field (%)
Perlita	31,8
Ferrita	68,2

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de material base son 68.2% de Ferrita y 31.8% de Perlita

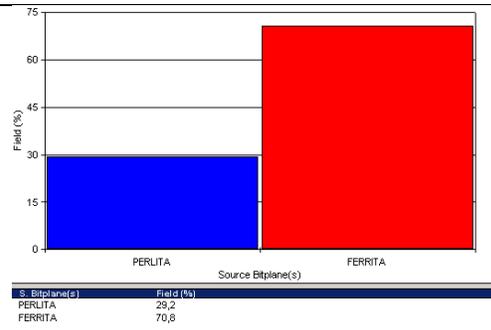
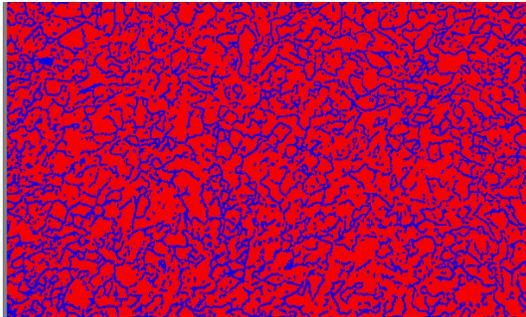
El tamaño de grano es $10.13 \cong 10$



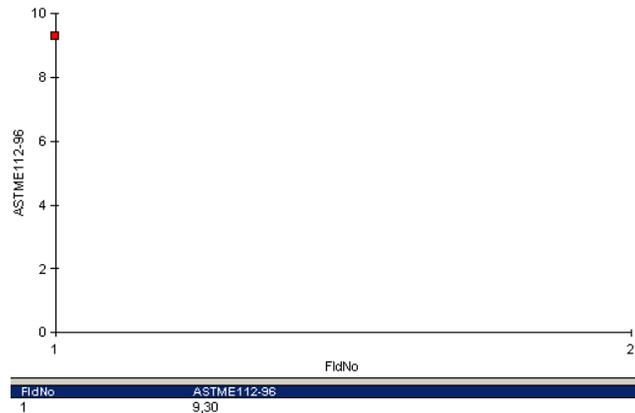
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

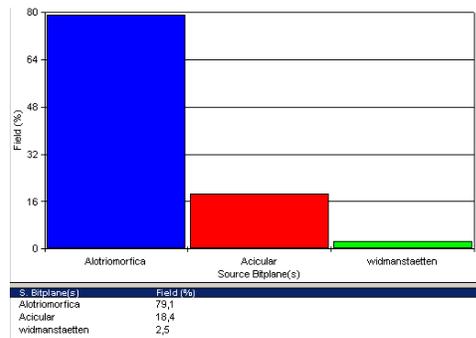
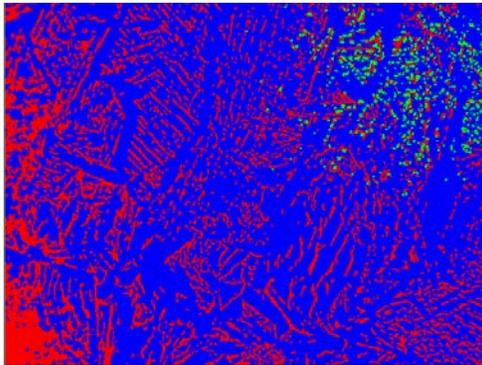
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 70.8% de Ferrita y 29.2% de Perlita
El tamaño de grano es $9.30 \cong 9$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 79.1% de Ferrita Alotriomórfica (α), 18.4 % de Ferrita Acicular (α_a), y 2.5% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $8.77 \cong 9$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

Datos Informativos:

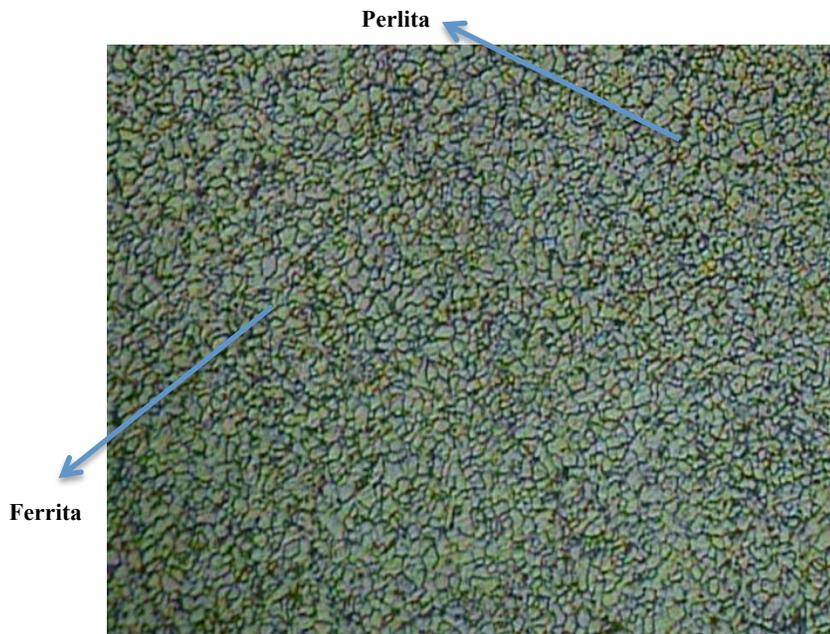
Tipo de estudio: De laboratorio	Espesor del material: 2mm
Probeta:	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 18/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO ASTM A-500
COMO VIENE DE FÁBRICA**



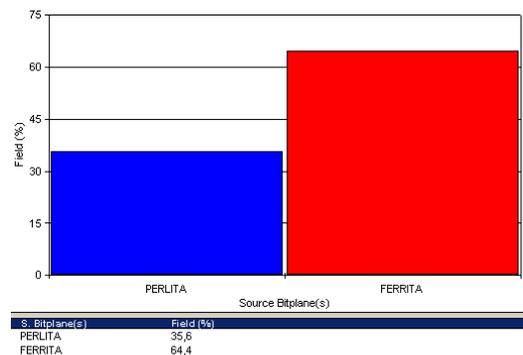
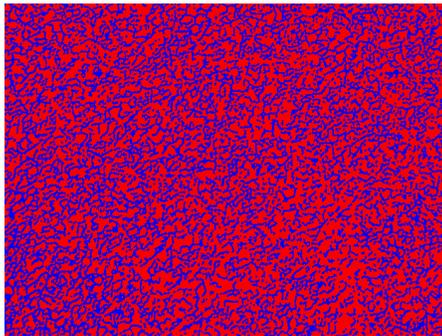
Acero ASTM A-500 como viene de fábrica (100X, Nital 4, 5s)



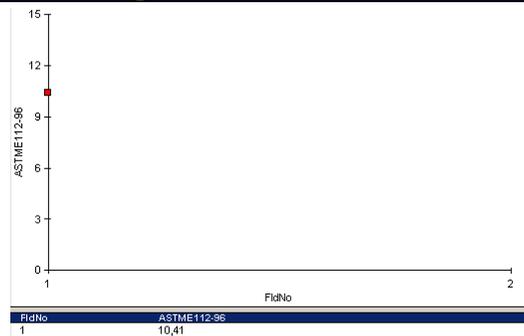
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ACERO ASTM A-500 COMO VIENE DE FABRICA

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Cálculo de la Resistencia a la Tracción:

$$R.T.A = \frac{28*(\%Ferrita)+84*(\%Perlita)}{100}$$

$$R.T.A = \frac{28*(64.4)+84*(35.6)}{100} = 47.93 \text{ kgf/mm}^2 = 470.03 \text{ MPa}$$

$$\%C = \frac{\%Perlita}{130} = \frac{35.6}{130} = 0.273 \%$$

Interpretación de Resultados

El contenido de Carbono corresponde al de un acero ASTM A-500. La resistencia a la tracción calculada de 47.93 kgf/mm² (68.17 ksi) esta en el rango de un acero ASTM A-500 (anexo A1). El tamaño de grano es 10.41 \cong 10.5



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

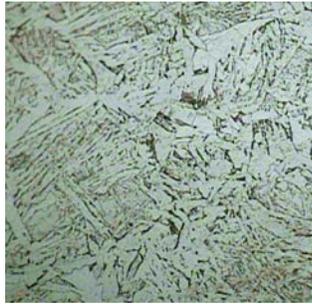
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S500M-1	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 18/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

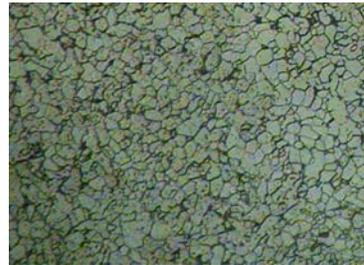
Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL
ACERO ASTM A-500 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



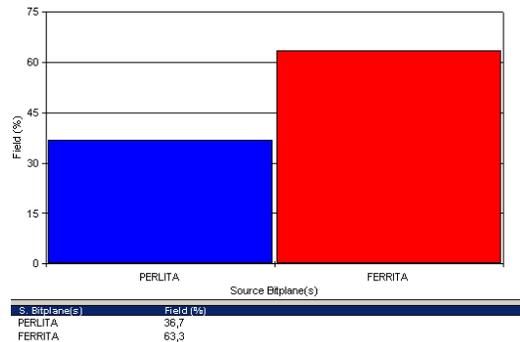
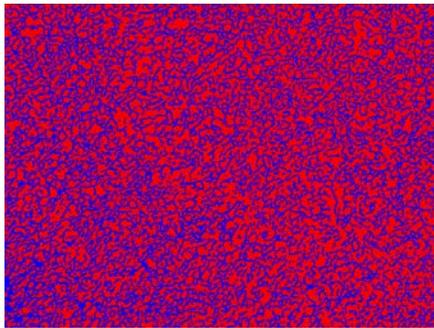
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de material base son 63.3% de Ferrita y 36.7% de Perlita

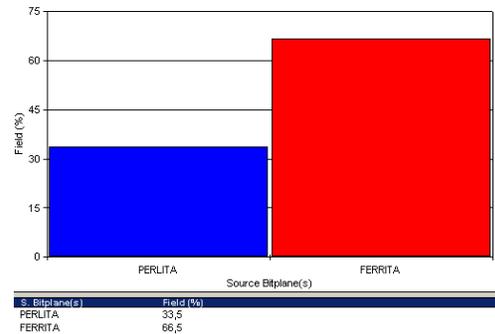
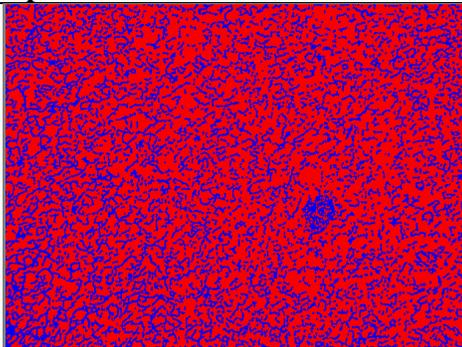
El tamaño de grano es $10.65 \cong 11$



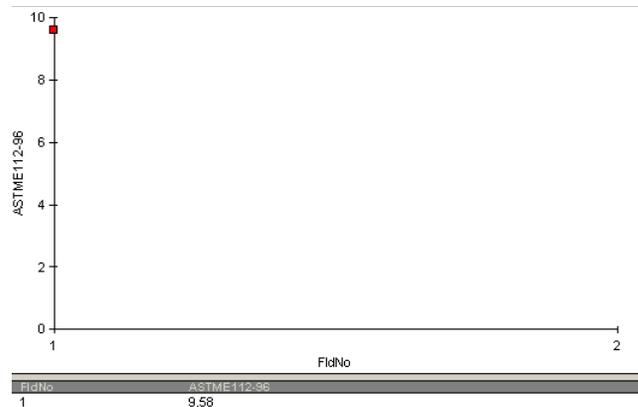
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

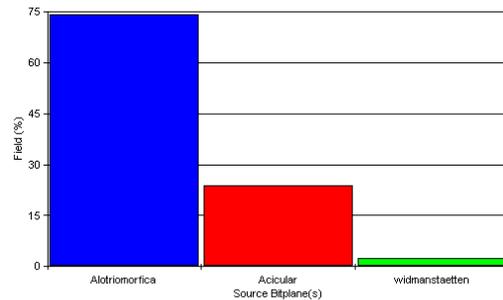
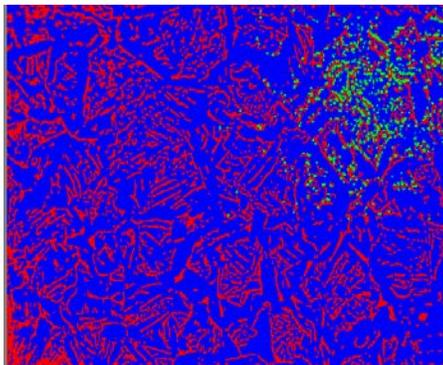
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 66.5% de Ferrita y 33.5% de Perlita
El tamaño de grano es $9.58 \cong 9.5$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

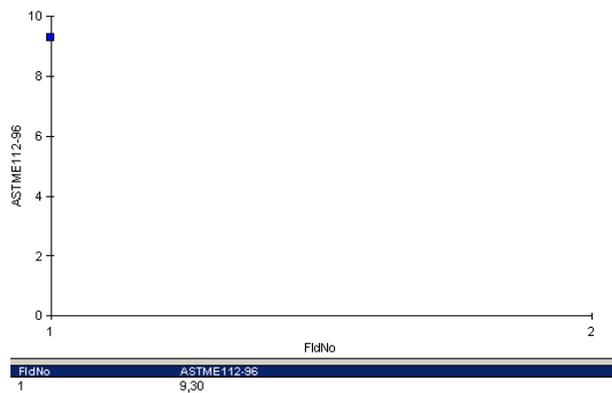
Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Alotriomorfica	74,0
Acicular	23,7
widmanstaetten	2,3

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A-500 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 74% de Ferrita Alotriomórfica (α), 23.7 % de Ferrita Acicular (α_a), y 2.3% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $9.30 \cong 9$



ENSAYO METALOGRAFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

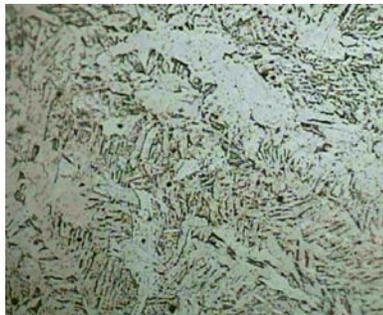
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S500M-2	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 19/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

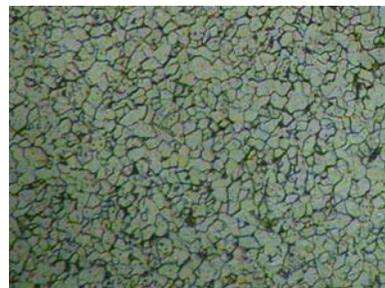
Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO ASTM A-500 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



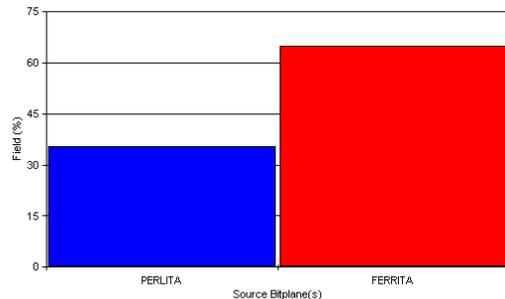
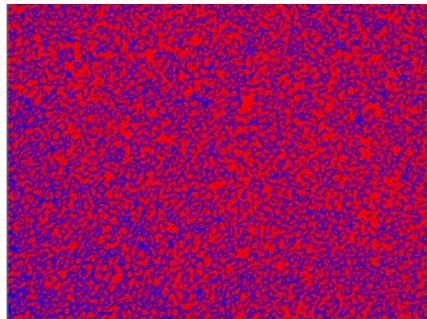
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

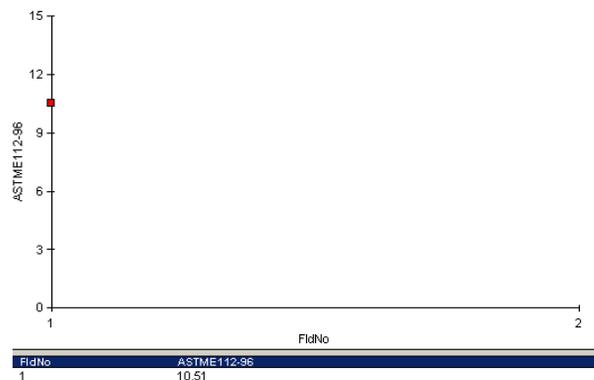
Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	35,2
FERRITA	64,8

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de material base son 64.8% de Ferrita y 35.2% de Perlita

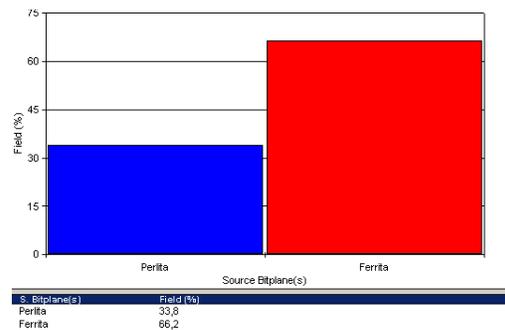
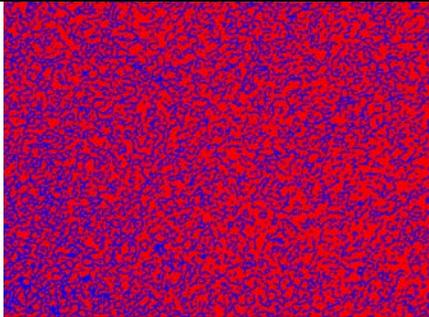
El tamaño de grano es $10.51 \cong 10.5$



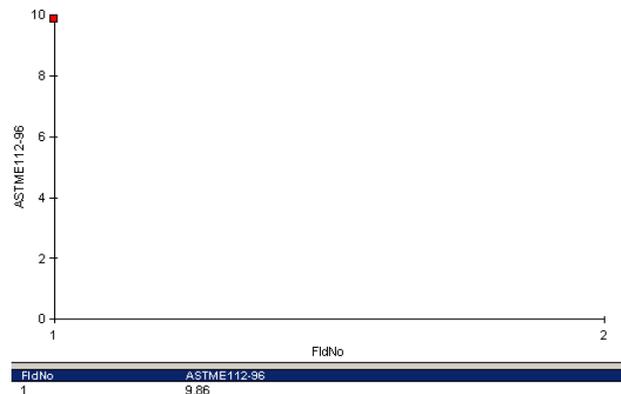
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 66.2% de Ferrita y 33.8% de Perlita

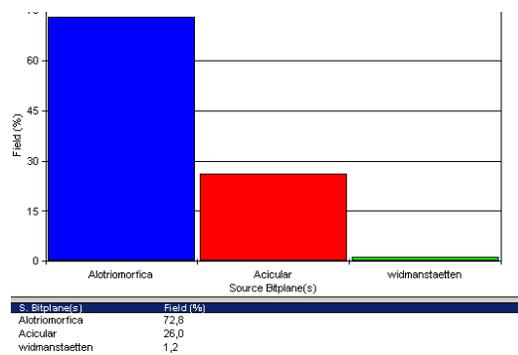
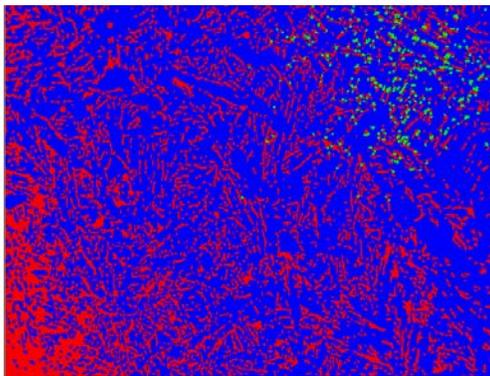
El tamaño de grano es $9.86 \cong 10$



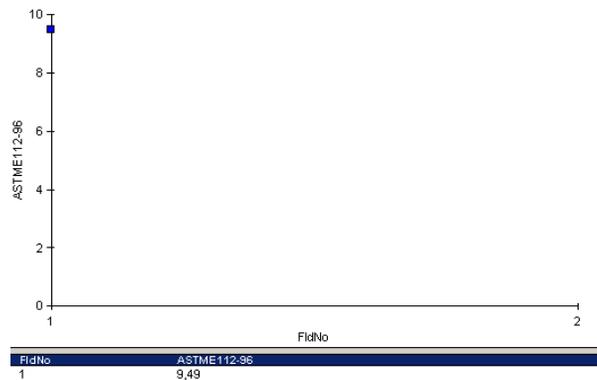
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A36 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 72.8% de Ferrita Alotriomórfica (α), 26% de Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), y 1.2% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $9.49 \cong 9.5$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO SMAW)

Datos Informativos:

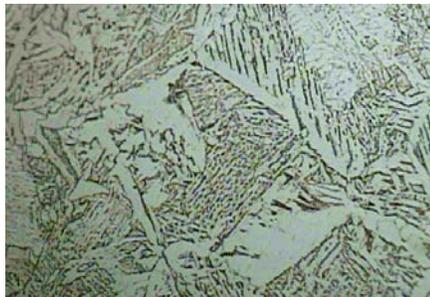
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: SMAW
Probeta: S500M-3	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 19/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 5 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL
ACERO ASTM A-500 CON ELECTRODO E- 6011 (100X)**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



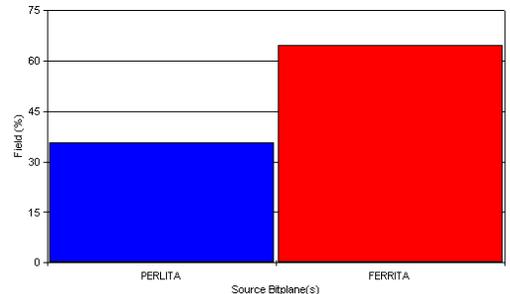
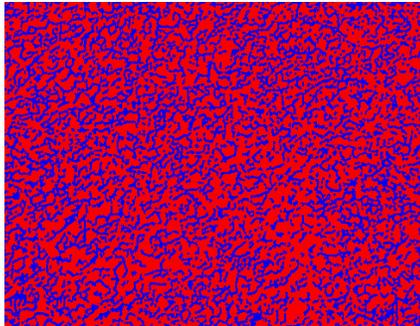
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
PERLITA	35,6
FERRITA	64,4

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de material base son 64.4% de Ferrita y 35.6% de Perlita

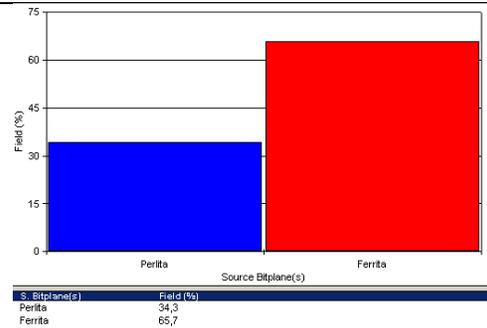
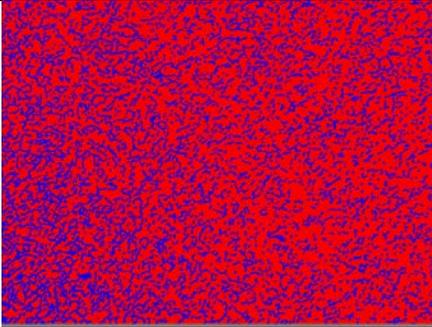
El tamaño de grano es $10.41 \cong 10.5$



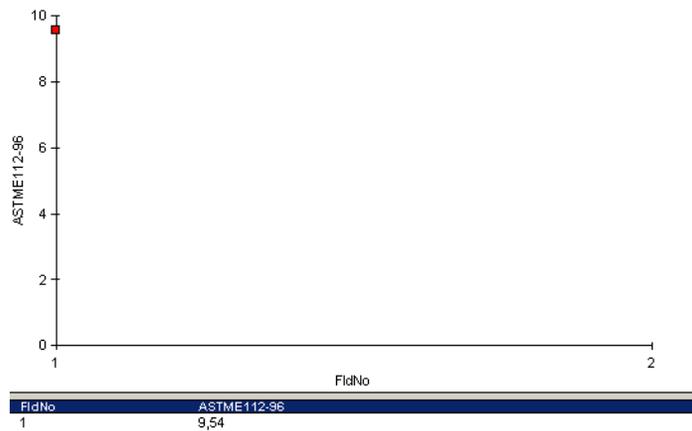
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

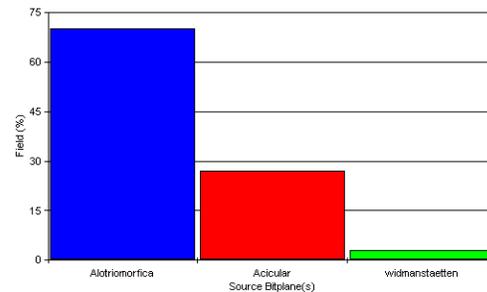
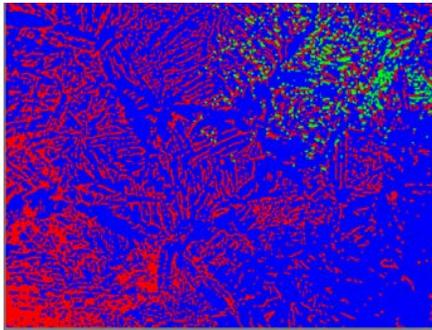
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 se puede indicar que los componentes de la zona térmicamente afectada son 65.7% de Ferrita y 34.3% de Perlita
El tamaño de grano es $9.54 \cong 9.5$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

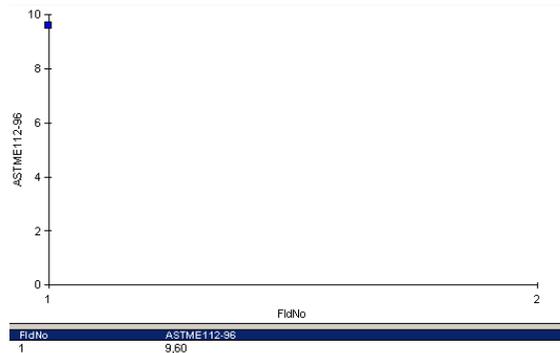
Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), Ferrita de Widmanstaetten (αw).

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Alotriomorfica	70,1
Acicular	26,9
widmanstaetten	3,0

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A-500 con electrodo E-6011, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 70.1% de Ferrita Alotriomórfica (α), 26.9% de Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), y 3% de Ferrita de Widmanstaetten (αw).

El tamaño de grano es $9.60 \cong 9.5$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

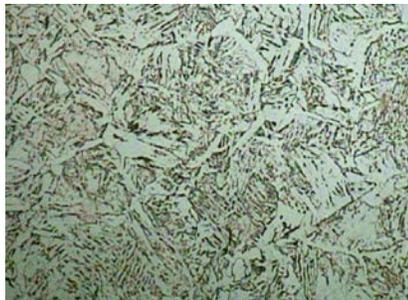
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G36M-1	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 20/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales – FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

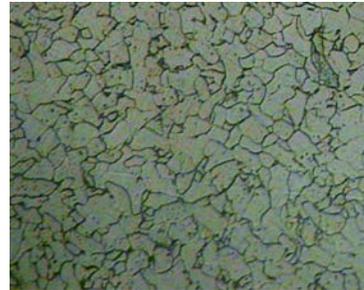
Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A 36 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO2**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



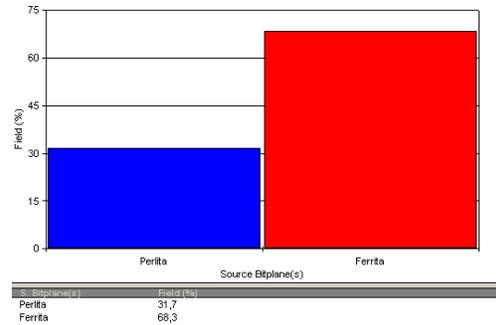
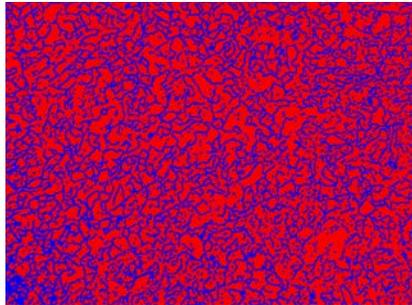
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



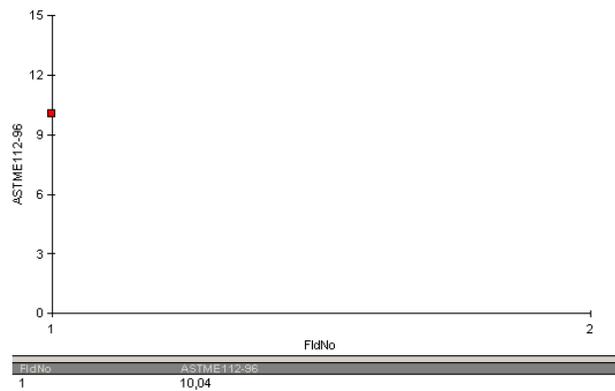
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

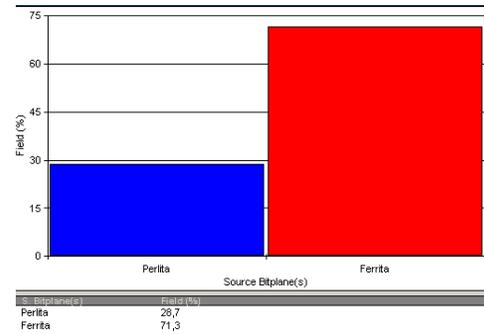
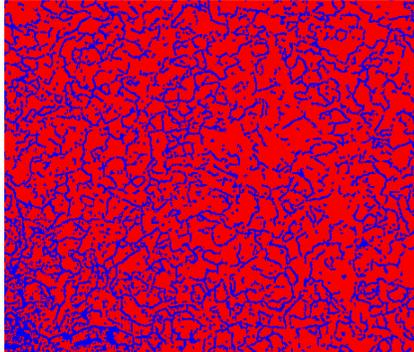
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 68.3% de Ferrita y 31.7% de Perlita
El tamaño de grano es 10.04 \cong 10



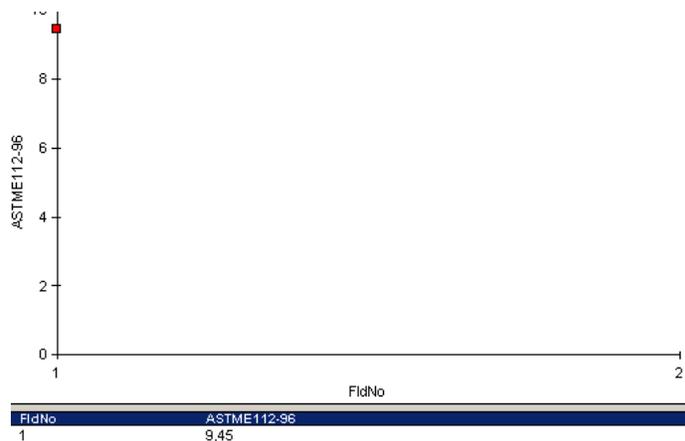
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 71.3% de Ferrita y 28.7% de Perlita

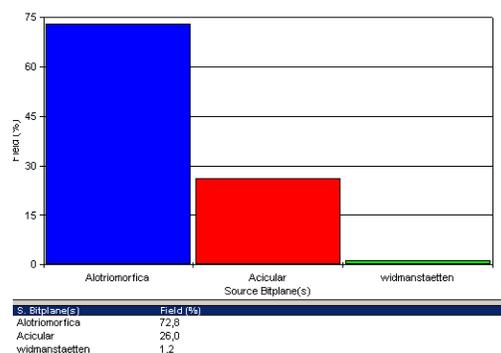
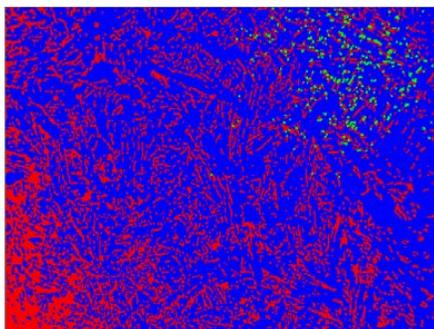
El tamaño de grano es $9.45 \cong 9.5$



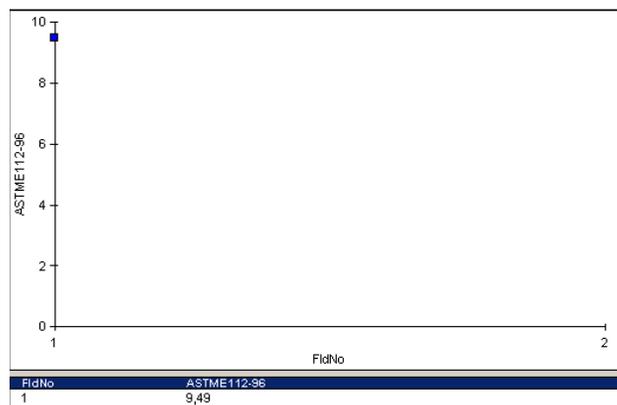
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), Ferrita de Widmanstaetten (αw).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 72.8% de Ferrita Alotriomórfica (α), 26% de Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), y 1.2% de Ferrita de Widmanstaetten (αw).

El tamaño de grano es $9.49 \cong 9.5$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G36M-2	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 20/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

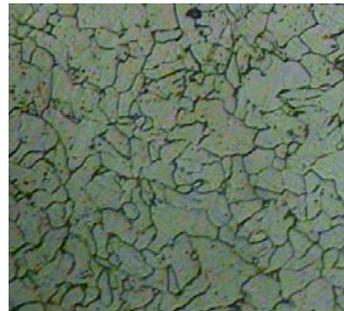
Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A 36 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO₂**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



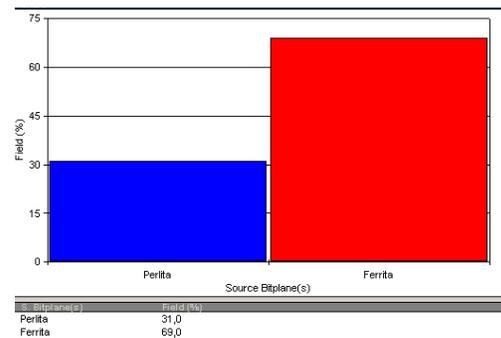
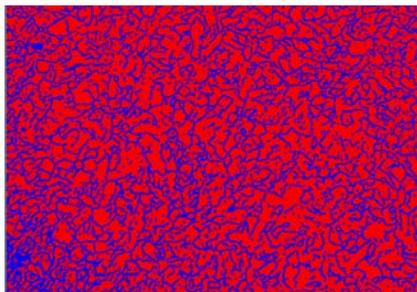
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



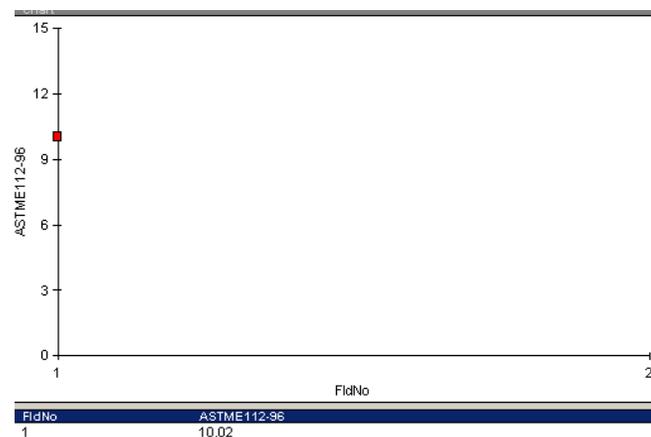
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 69% de Ferrita y 31% de Perlita

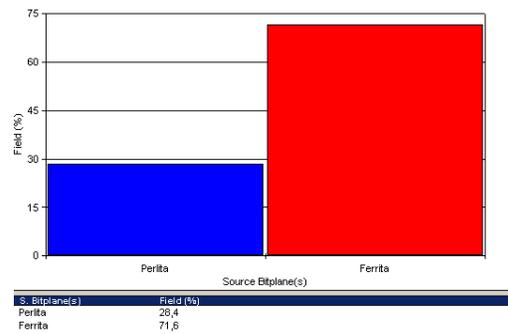
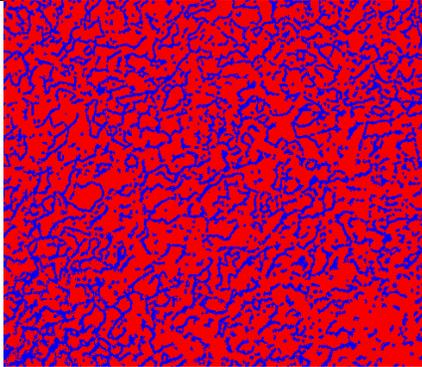
El tamaño de grano es $10.02 \cong 10$



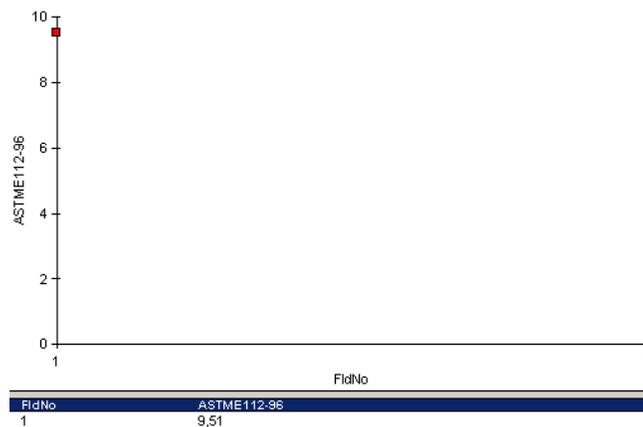
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 71.6% de Ferrita y 28.4% de Perlita

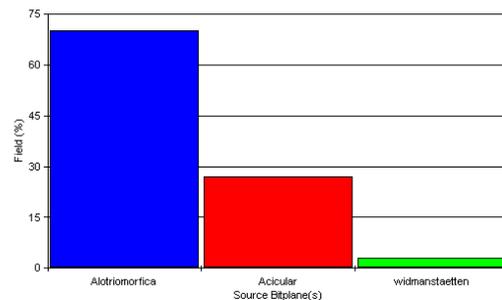
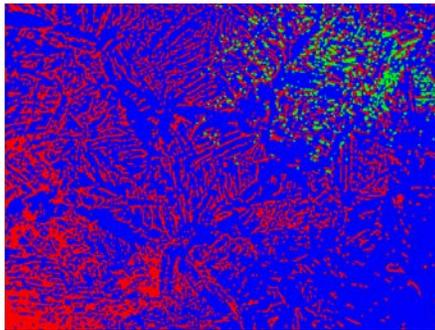
El tamaño de grano es $9.51 \cong 9.5$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

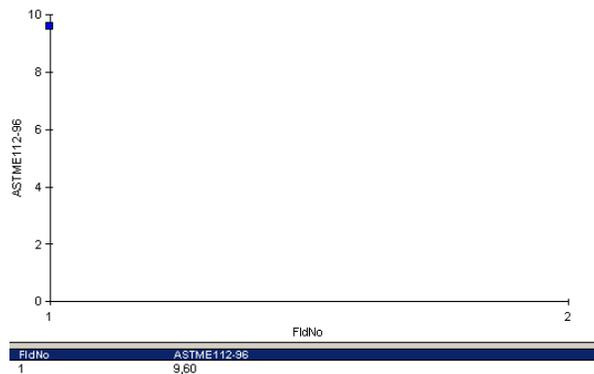
Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), Ferrita de Widmanstaetten (αw).

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Alotriomorfica	70,1
Acicular	26,9
widmanstaetten	3,0

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 70.1% de Ferrita Alotriomórfica (α), 26.9% de Ferrita Acicular ($\alpha\alpha$), y 3.0% de Ferrita de Widmanstaetten (αw).

El tamaño de grano es $9.6 \cong 9.5$



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



ENSAYO METALOGRAFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G36M-3	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 20/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

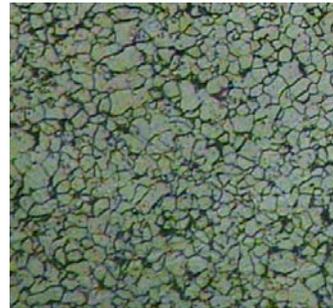
Material a ser preparado: ASTM A 36	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A 36 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO₂**



Soldadura (100X, Nital 4, 6s)



ZAT (100X, Nital 4, 6s)



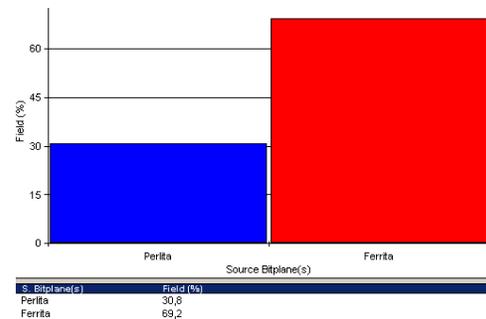
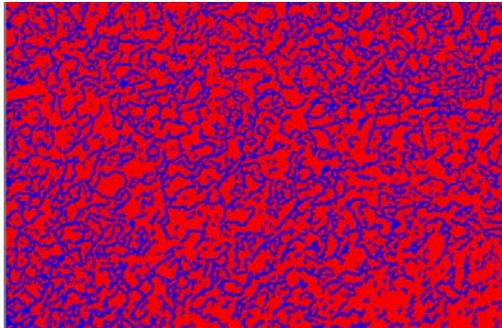
Material Base (100X, Nital 4, 6s)



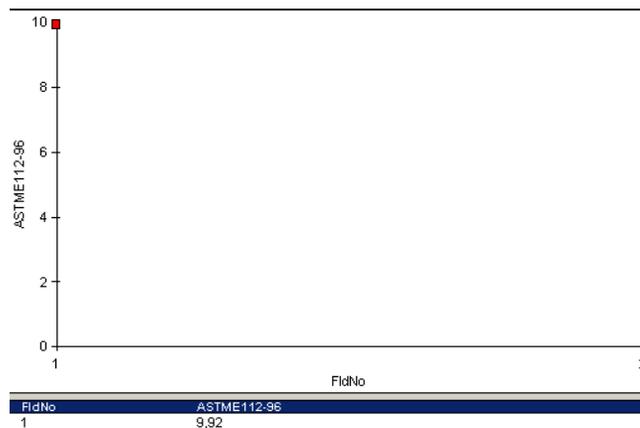
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

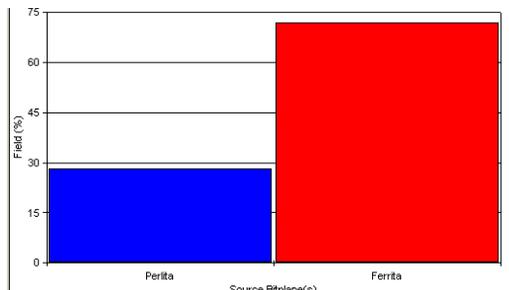
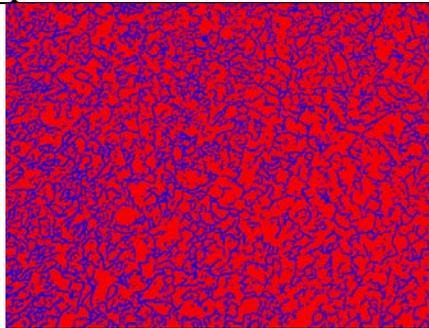
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 69.2% de Ferrita y 30.8% de Perlita
El tamaño de grano es $9.92 \cong 10$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

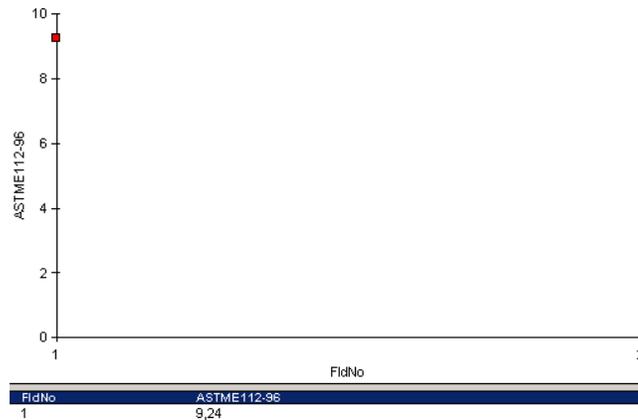
Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Perlita	28,1
Ferrita	71,9

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 71.9% de Ferrita y 28.1% de Perlita

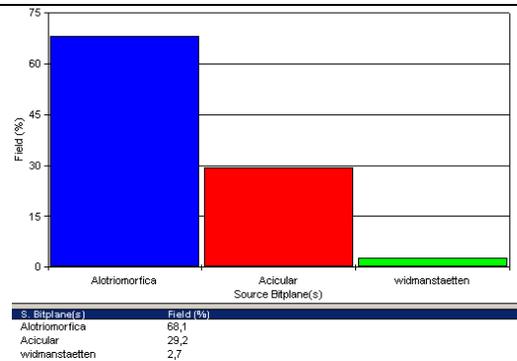
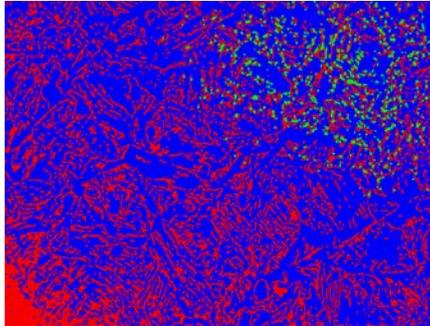
El tamaño de grano es $9.24 \cong 9$



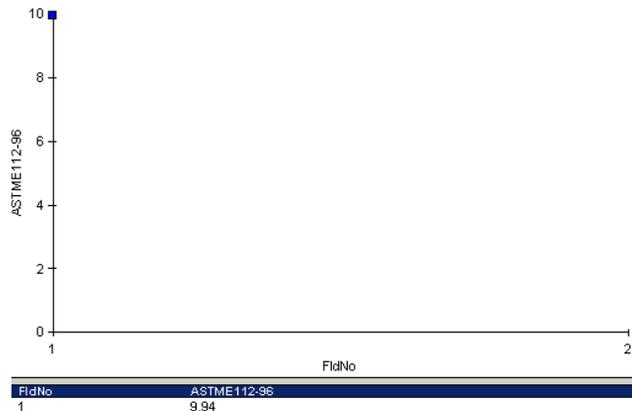
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 68.1% de Ferrita Alotriomórfica (α), 29.2% de Ferrita Acicular (α_a), y 2.7% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $9.94 \cong 10$



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

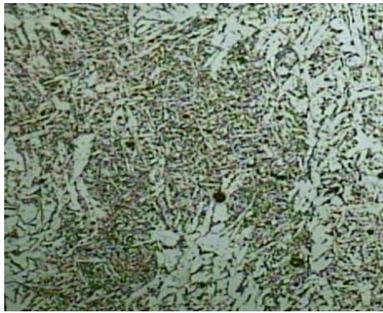
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G500M-1	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 23/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velasteguí	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

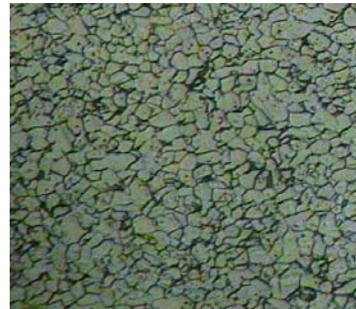
Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A-500 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO2**



Soldadura (100X, Nital 4, 5s)



ZAT (100X, Nital 4, 5s)



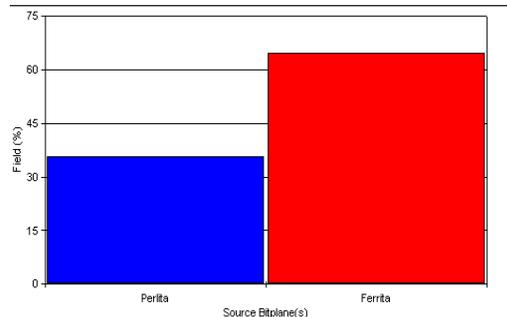
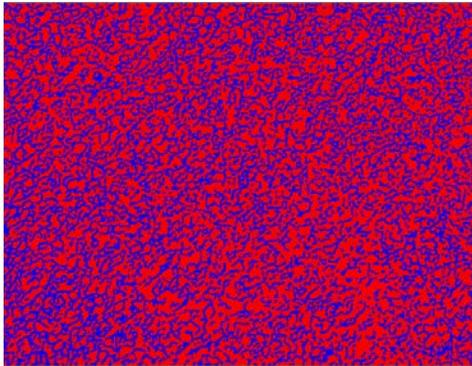
Material Base (100X, Nital 4, 5s)



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

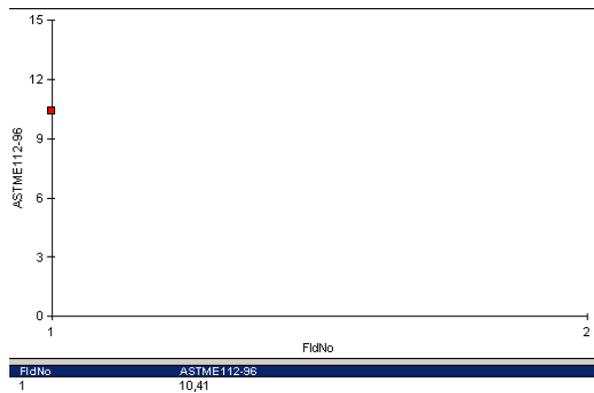
Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Perlita	35,6
Ferrita	64,4

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

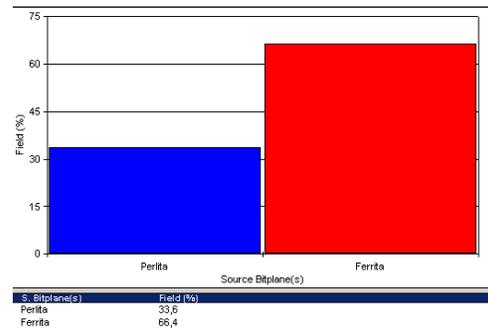
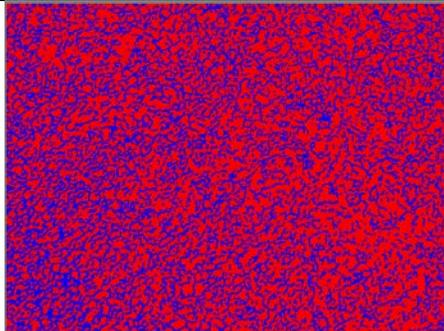
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 64.4% de Ferrita y 35.6% de Perlita
El tamaño de grano es $10.41 \cong 10.5$



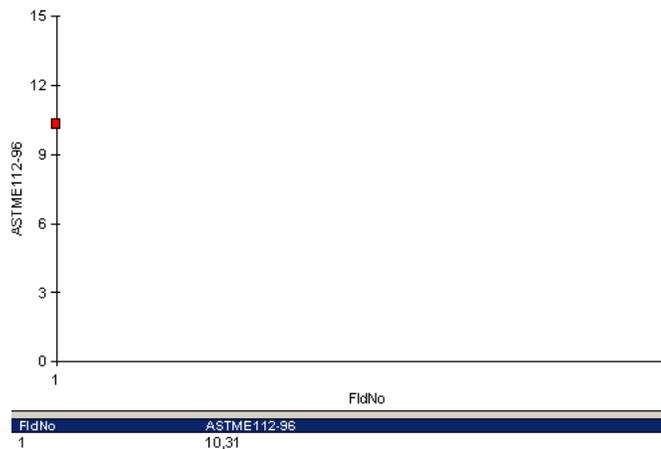
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 66.4% de Ferrita y 33.6% de Perlita

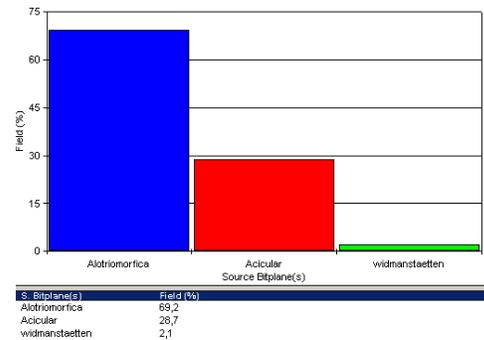
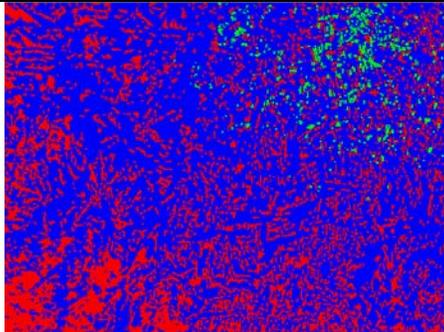
El tamaño de grano es $10.31 \cong 10$



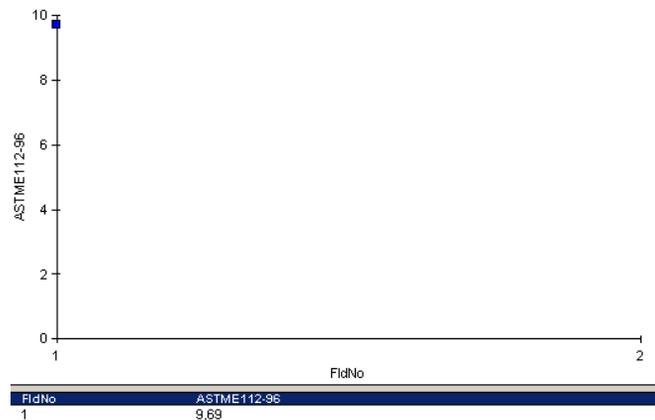
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 69.2% de Ferrita Alotriomórfica (α), 28.7% de Ferrita Acicular (α_a), y 2.1% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $9.69 \cong 10$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

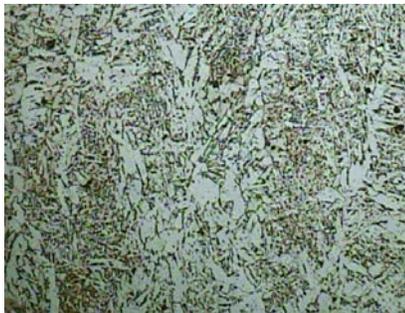
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G500M-1	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 23/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velasteguí	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

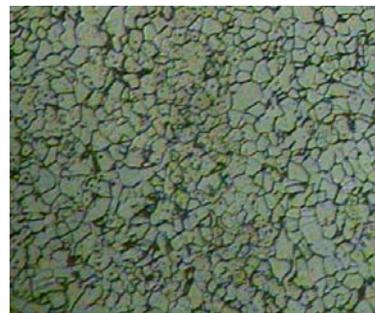
Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A-500 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO₂**



Soldadura (100X, Nital 4, 6s)



ZAT (100X, Nital 4, 6s)



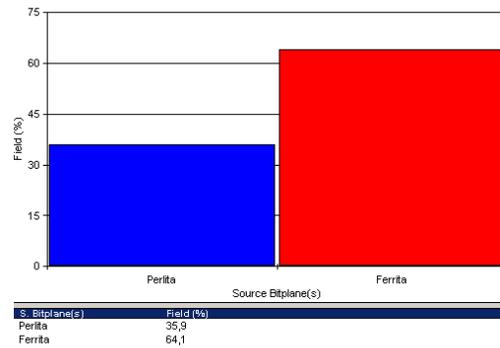
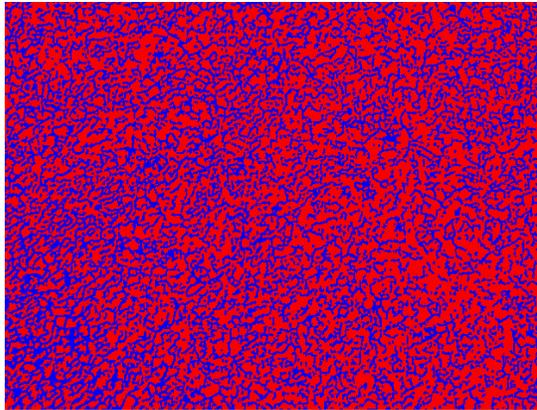
Material Base (100X, Nital 4, 6s)



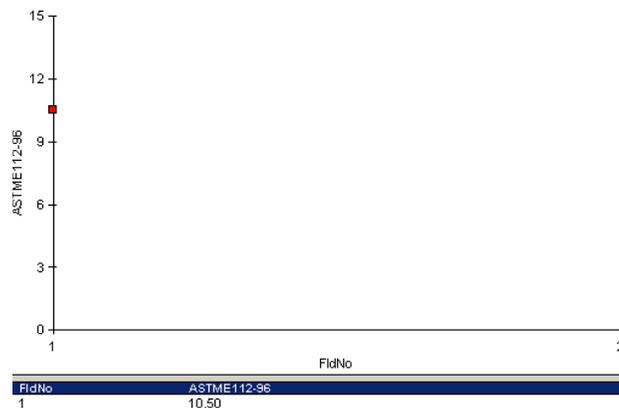
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

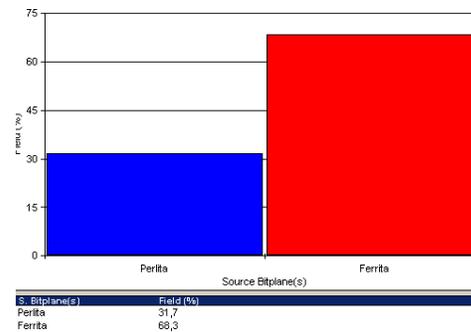
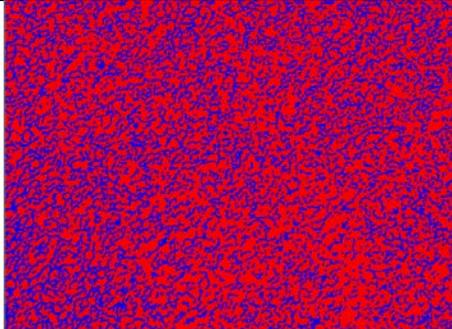
Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 64.1% de Ferrita y 35.9% de Perlita
El tamaño de grano es $10.5 \cong 10.5$



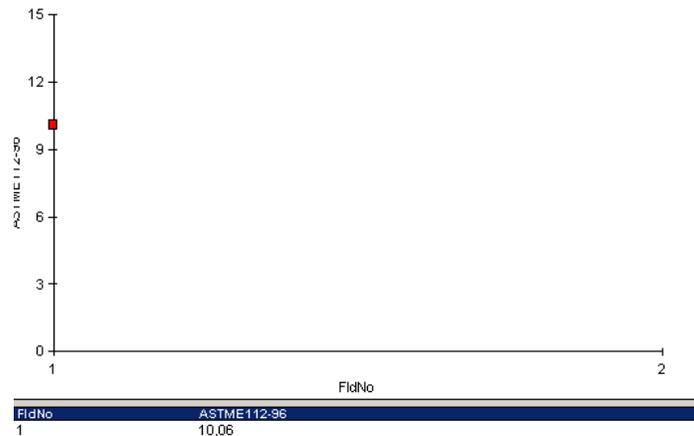
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 68.3% de Ferrita y 31.7% de Perlita

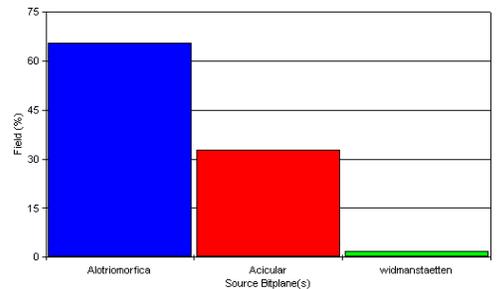
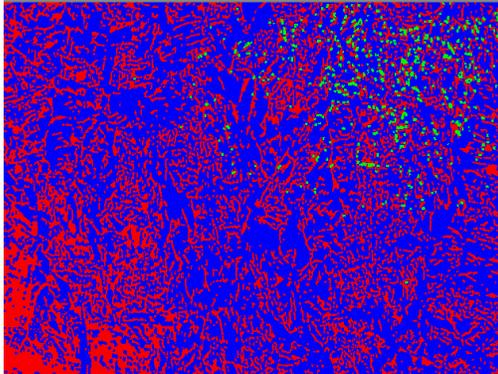
El tamaño de grano es $10.06 \cong 10$



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

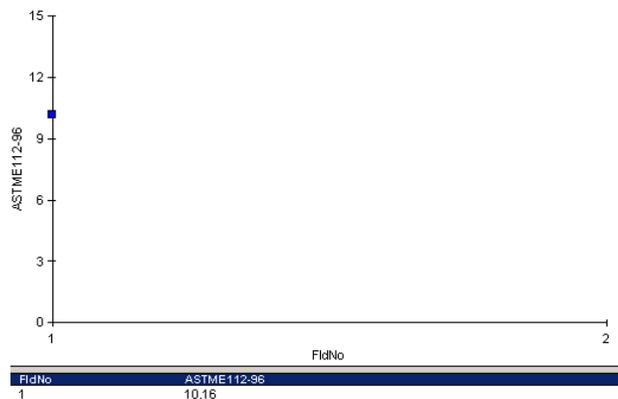
Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



S. Bitplane(s)	Field (%)
Alotriomorfica	65,4
Acicular	32,8
widmanstaetten	1,8

Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 65.4% de Ferrita Alotriomórfica (α), 32.8% de Ferrita Acicular (α_a), y 1.8% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $10.16 \cong 10$



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



ENSAYO METALOGRÁFICO (PROCESO GMAW)

Datos Informativos:

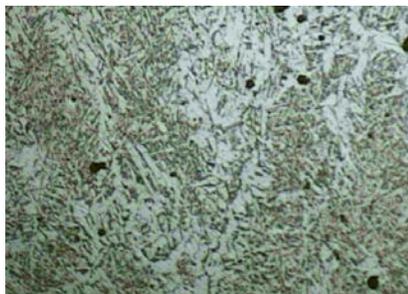
Tipo de estudio: De laboratorio	Proceso de soldadura: GMAW
Probeta: G500M-3	Ciudad: Ambato
Solicitado por: UTA - FICM	Fecha: 23/12/2013
Centro de Estudio y Análisis: Laboratorio de Materiales - FICM	
Realizado por: Juan Velastegui	Supervisado por: Ing. Juan Paredes

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

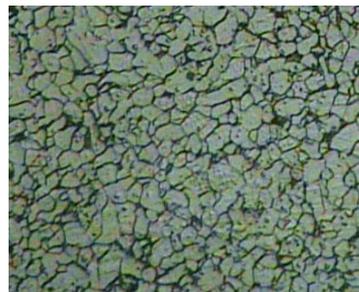
Material a ser preparado: ASTM A-500	Pulido: Pulido Mecánico
Temperatura durante el pulido: 20°C	Superficie preparada en: 50 min
Ataque Químico de la superficie con: Nital 4	Durante: 6 s

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A-500 CON ALAMBRE ER70S-6 CON GAS DE PROTECCIÓN CO2**



Soldadura (100X, Nital 4, 6s)



ZAT (100X, Nital 4, 6s)



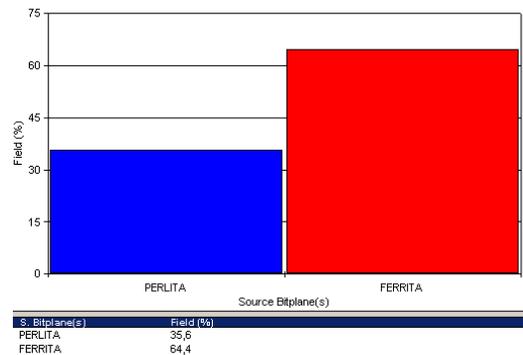
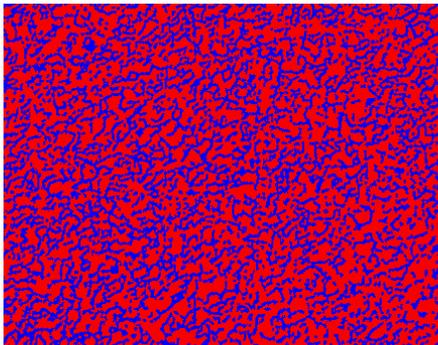
Material Base (100X, Nital 4, 6s)



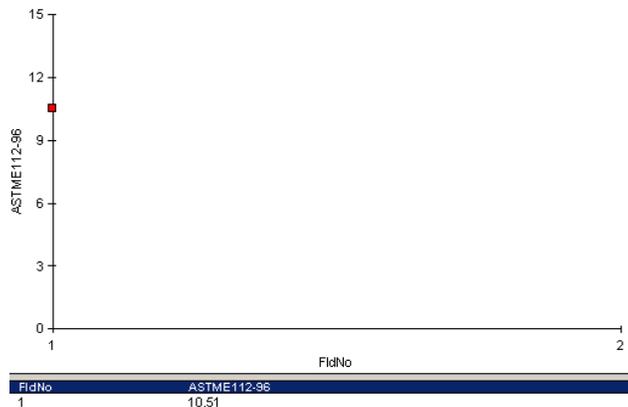
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: METAL BASE

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 64.4% de Ferrita y 35.6% de Perlita

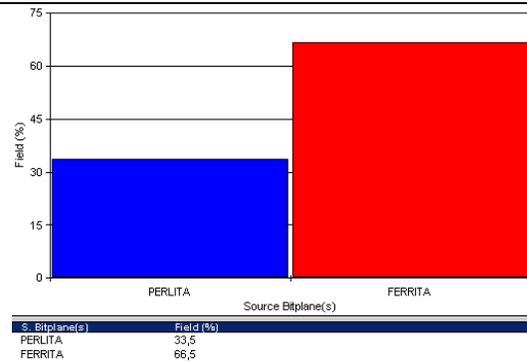
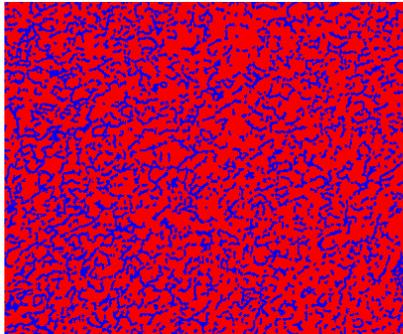
El tamaño de grano es $10.51 \cong 10.5$



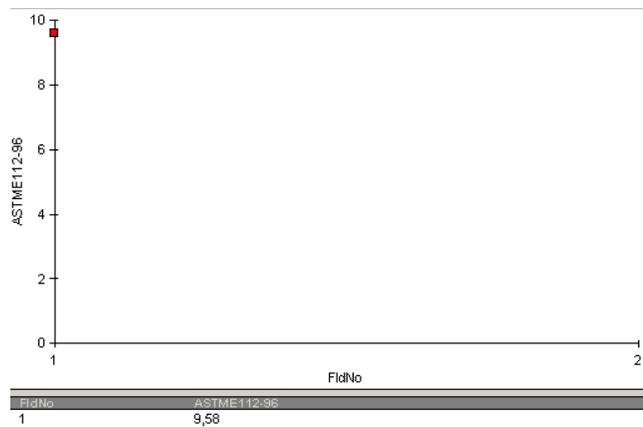
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: ZAT

Componentes: Ferrita y Perlita

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede indicar que los componentes de material base son 66.5% de Ferrita y 33.5% de Perlita

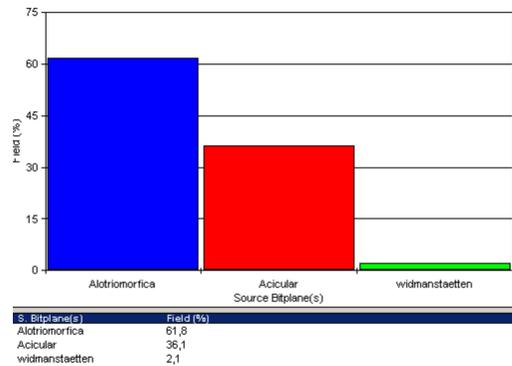
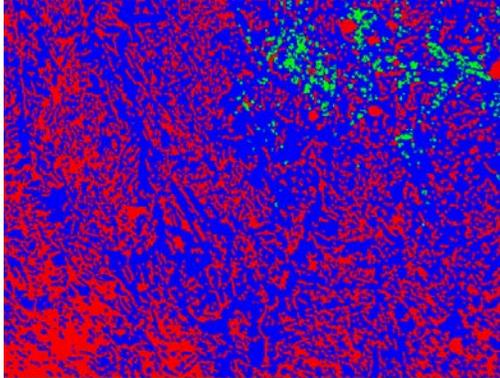
El tamaño de grano es $9.58 \cong 9.5$



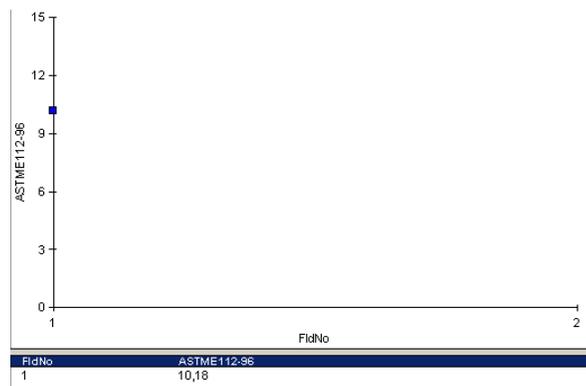
EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: DEPÓSITO DE SOLDADURA

Componentes: Ferrita Alotriomórfica (α), Ferrita Acicular (α_a), Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

Componentes microestructurales: 100x



Determinación del tamaño de grano



Interpretación de Resultados:

Revisada la microestructura de la junta soldada del acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂, se puede indicar que los componentes de la zona de soldadura son: 61.8% de Ferrita Alotriomórfica (α), 36.1% de Ferrita Acicular (α_a), y 2.1% de Ferrita de Widmanstaetten (α_w).

El tamaño de grano es $10.18 \cong 10$

4.3. Interpretación de los resultados

4.3.1. Interpretación de los resultados del ensayo de doblez

Tabla 4.1 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a tope con electrodo E-6011

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S36T-2	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S36T-3	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.2 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a filete con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones	Calificación
S36F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S36F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S36F-3	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
Aprueban: 3		
No Aprueban : 0		

(Fuente: Autor)

Tabla 4.3 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura por doblez soldadas con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36R-1	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 1,6 mm.	No aprueba
S36R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm.	Aprueba
S36R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm.	Aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.4 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm.	Aprueba
S36RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm.	Aprueba
S36RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm.	Aprueba
Aprueban : 3			
No aprueban : 0			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.5 Resultados de los ensayos de doblado guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a tope con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S500T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S500T-2	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S500T-3	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.6 Resultados de los ensayos de doblado guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a filete con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones	Calificación
S500F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S500F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S500F-3	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
Aprueban: 3		
No Aprueban : 0		

(Fuente: Autor)

Tabla 4.7 Resultados de los ensayos de doblado guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura por doblado soldadas con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S500R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 4,2 mm.	Aprueba
S500R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
S500R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,3 mm.	Aprueba
Aprueban : 3			
No aprueban : 0			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.8 Resultados de los ensayos de doblado guiado del proceso SMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura en v por doblado soldadas con electrodo E-6011.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S500RV-1	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,1 mm.	Aprueba
S500RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba
S500RV-3	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.9 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a tope con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36T-1	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
G36T-2	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura.	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba
G36T-3	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba
Aprueban : 1			
No aprueban : 2			

(fuente: autor)

Tabla 4.10 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a filete con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2.

Probeta	Observaciones	Calificación
G36F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G36F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G36F-3	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
Aprueban: 3		
No Aprueban : 0		

(Fuente: Autor)

Tabla 4.11 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,3 mm.	Aprueba
G36R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,2 mm.	Aprueba
G36R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,5 mm.	Aprueba
Aprueban : 3			
No aprueban : 0			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.12 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm.	Aprueba
G36RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm.	Aprueba
G36RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm.	Aprueba
Aprueban : 3			
No aprueban : 0			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.13 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a tope con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G500T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
G500T-2	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	No aprueba
G500T-3	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	No aprueba
Aprueban : 1			
No aprueban : 2			

(fuente: autor)

Tabla 4.14 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a filete con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones	Calificación
G500F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G500F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G500F-3	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba
Aprueban: 2		
No Aprueban : 1		

(Fuente: Autor)

Tabla 4.15 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G500R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
G500R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,9 mm.	Aprueba
G500R-3	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en el cordón de soldadura.	No aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.16 Resultados de los ensayos de doblez guiado del proceso GMAW de las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura De ranura en v por doblez soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

Probeta	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G500RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
G500RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba
G500RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,8 mm.	Aprueba
Aprueban : 2			
No aprueban : 1			

(Fuente: Autor)

Tabla 4.17 Resultados de todos los ensayos de doblez guiado del proceso SMAW y GMAW de las probetas de acero ASTM A 36 y A-500, soldadas con electrodo E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 respectivamente.

Proceso Soldadura	Acero	Tipo de junta	Probeta	Criterio de aceptación y rechazo	
				Aprueba	No aprueba
SMAW	ASTM A 36	A Tope	S36T-1	✓	
			S36T-2	✓	
			S36T-3		✓
		En T	S36F-1	✓	
			S36F-2	✓	
			S36F-3	✓	
		A tope esquina	S36R-1		✓
			S36R-2	✓	
			S36R-3	✓	
		A Tope	S36RV-1	✓	
S36RV-2	✓				
S36RV-3	✓				
SMAW	ASTM A-500	A Tope	S500T-1	✓	
			S500T-2	✓	
			S500T-3		✓
		En T	S500F-1	✓	
			S500F-2	✓	
			S500F-3	✓	
		A tope esquina	S500R-1	✓	
			S500R-2	✓	
			S500R-3	✓	
		A Tope	S500RV-1	✓	
S500RV-2			✓		
S500RV-3	✓				
GMAW	ASTM A 36	A Tope	G36T-1	✓	
			G36T-2		✓
			G36T-3		✓
		En T	G36F-1	✓	
			G36F-2	✓	
			G36F-3	✓	
		A tope esquina	G36R-1	✓	
			G36R-2	✓	
			G36R-3	✓	
		A Tope	G36RV-1	✓	
G36RV-2	✓				
G36RV-3	✓				

GMAW	ASTM A-500	A Tope	G500T-1	✓	
			G500T-2		✓
			G500T-3		✓
		En T	G500F-1	✓	
			G500F-2	✓	
			G500F-3		✓
		A tope esquina	G500R-1	✓	
			G500R-2	✓	
			G500R-3		✓
		A Tope	G500RV-1	✓	
			G500RV-2		✓
			G500RV-3	✓	

(Fuente: Autor)

Procedemos a comparar los resultados de las probetas de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500 obtenidos de los dos procesos de soldadura SMAW y GMAW soldadas con electrodo E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ respectivamente.

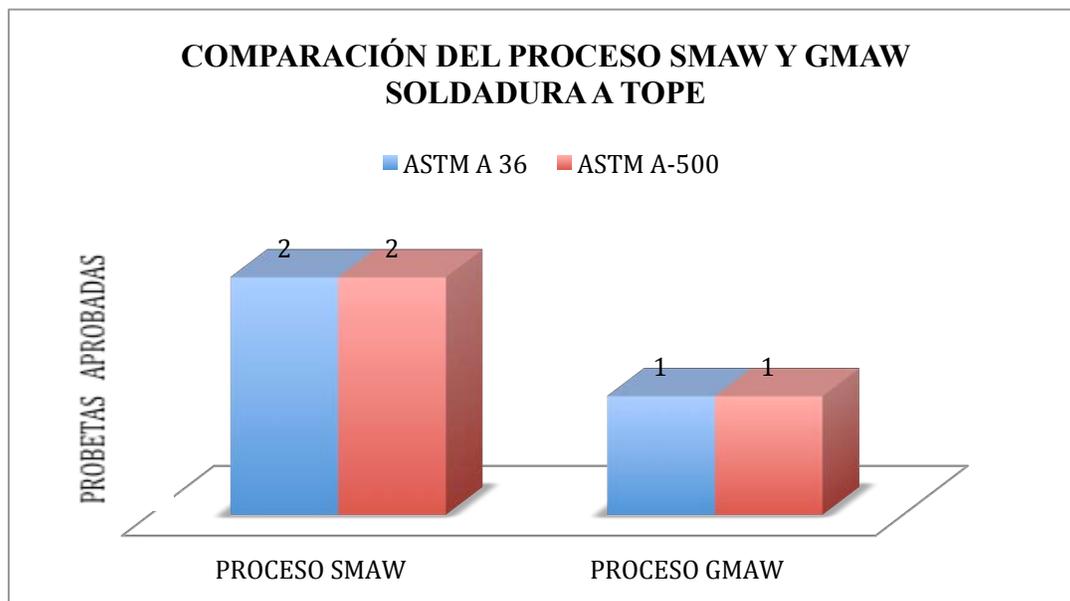


Figura 4.1 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a tope

La figura 4.1 indica que en el ensayo de doblez guiado las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a tope mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron dos de las tres ensayadas, mientras que las probetas del mismo acero soldadas mediante el proceso GMAW la

aprobada fue una, de igual manera las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a tope mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron 2 y las probetas del mismo acero soldadas mediante el proceso GMAW aprobó una. Lo que indica que las probetas de acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a tope mediante el proceso SMAW aprobaron en mayor número el Ensayo de Dobleza que las probetas soldadas con el proceso GMAW

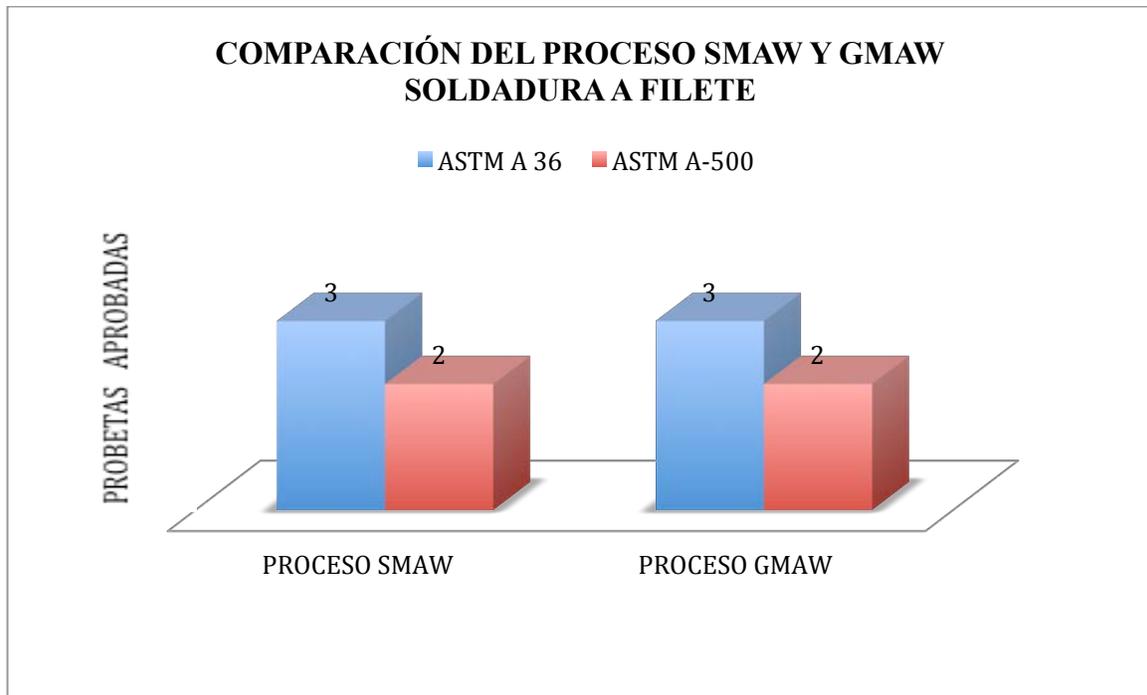


Figura 4.2 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a filete

La figura 4.2 indica que en el ensayo de doblez guiado las probetas de acero ASTM A 36 soldadas a filete mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron las tres al igual que las probetas del mismo acero del Proceso GMAW, así como también las probetas de acero ASTM A-500 soldadas a filete mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron dos al igual que las probetas del mismo acero soldadas mediante el proceso GMAW. Lo que indica que las probetas de acero ASTM A 36 y A-500 soldadas a filete mediante el proceso SMAW aprobaron en el mismo numero el Ensayo de Dobleza que las probetas soldadas con el proceso GMAW

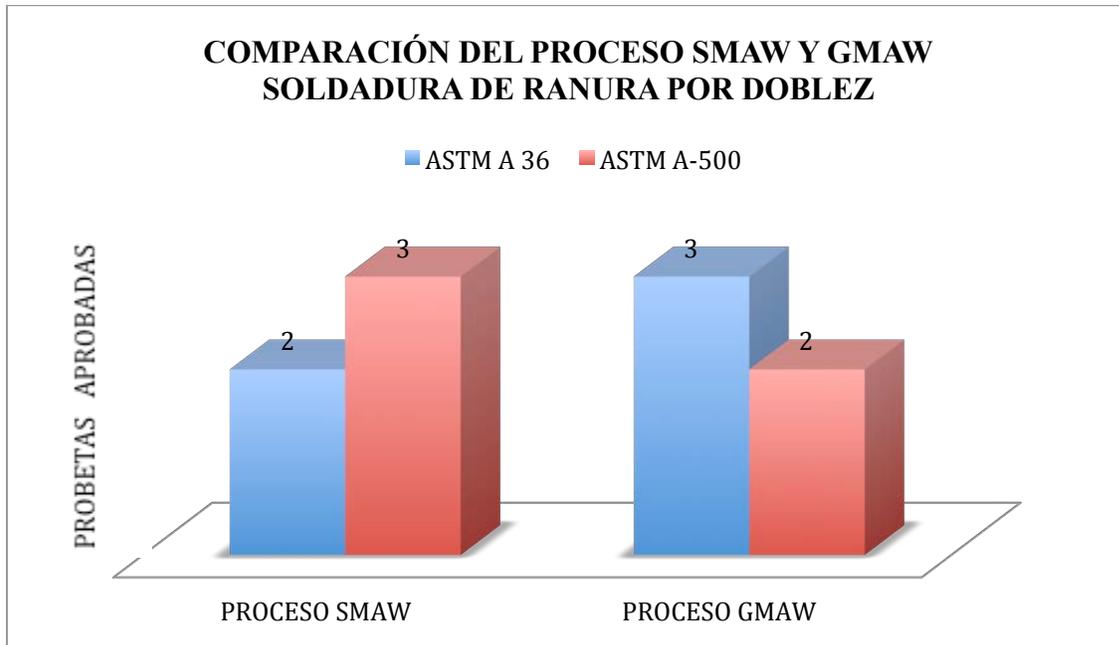


Figura 4.3 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura por doblez

La figura 4.3 indica que en el ensayo de doblez guiado las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura de ranura por doblez mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron las tres al igual que las probetas del mismo acero del Proceso GMAW, en cambio las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura de ranura por doblez mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron tres mientras que las probetas del mismo acero soldadas mediante el proceso GMAW aprobaron dos. Lo que indica que las probetas de acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura por doblez mediante el proceso SMAW aprobaron en mayor numero el Ensayo de Doblez que las probetas soldadas con el proceso GMAW.

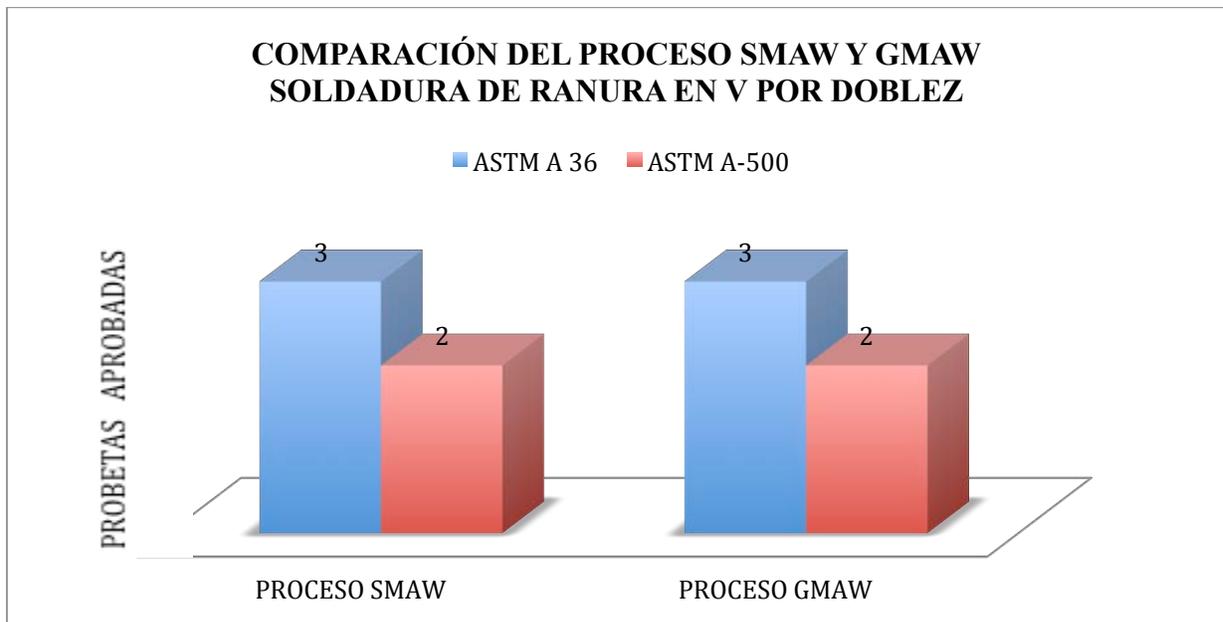


Figura 4.4 Comparación del proceso SMAW y GMAW del ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura en v por doblez

La figura 4.4 indica que en el ensayo de doblez guiado las probetas de acero ASTM A 36 con soldadura de ranura en v por doblez mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron las tres al igual que las probetas del mismo acero del Proceso GMAW, en cambio las probetas de acero ASTM A-500 con soldadura de ranura en v por doblez mediante el proceso SMAW las aprobadas fueron dos al igual que las probetas del mismo acero soldadas mediante el proceso GMAW. Lo que indica que las probetas de acero ASTM A 36 y A-500 con soldadura de ranura en v por doblez mediante el proceso SMAW aprobaron en el mismo numero el Ensayo de Dobleza que las probetas soldadas con el proceso GMAW

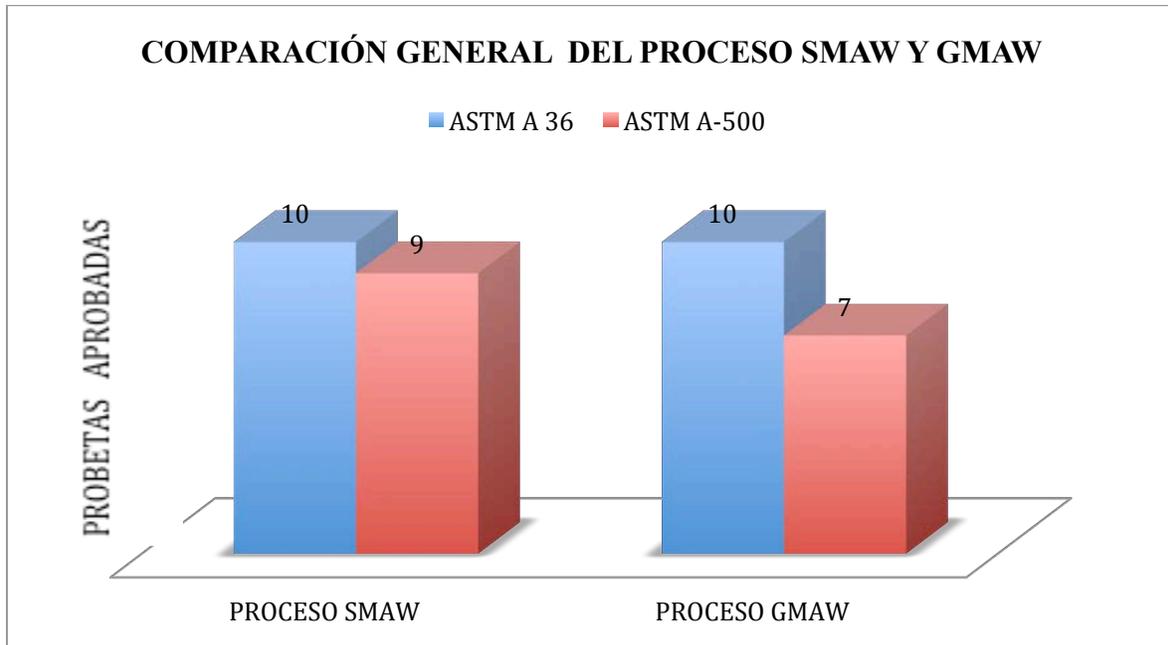


Figura 4.5 Comparación general del proceso SMAW y GMAW del ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 y A-500

La figura 4.5 indica que en el ensayo de doblez guiado las probetas de acero ASTM A 36 soldadas mediante el proceso SMAW son las que aprobaron en mayor número, siendo este proceso y el acero mencionado el más confiable.

4.3.2. Interpretación de los resultados del ensayo de tracción

Tabla 4.18 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011.

Id.	Carga máxima soportada		Resistencia a la tracción		Obs.*	% elongación en 25 mm**
	Lbf	N	ksi	MPa		
S36T-1	1.247	5.547	61,4	424	FMB	21,3
S36T-2	1.299	5.778	61,4	425	FMB	18,1
S36T-3	1.159	5.155	63,0	435	FMB	12,8
PROMEDIO			61.93	428		17.4

FMB: Falla Material Base

(Fuente: Autor)

Tabla 4.19 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011.

Id.	Carga máxima soportada		Resistencia a la tracción		Obs.*	% elongación en 25 mm**
	Lbf	N	ksi	MPa		
S500T-1	945	4.204	49,1	339	FMB	26,6
S500T-2	837	3.723	44,9	310	FJS	10,0
S500T-3	1.167	5.191	54,8	378	FMB	21,4
PROMEDIO			49.6	342.33		19.33

FMB: Falla Material Base **FJS:** Falla Junta Soldada

(Fuente: Autor)

Tabla 4.20 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂.

Id.	Carga máxima soportada		Resistencia a la tracción		Obs.*	% elongación en 25 mm**
	lbf	N	ksi	MPa		
G36T-1	1.342	5.970	64,7	447	FMB	23,4
G36T-2	1.322	5.881	63,8	441	FMB	23,2
G36T-3	1.270	5.649	62,4	431	FMB	8,4
PROMEDIO			63.63	439.67		18.33

FMB: Falla Material Base

(Fuente: Autor)

Tabla 4.21 Resultados de los ensayos de tracción de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂.

Id.	Carga máxima soportada		Resistencia a la tracción		Obs.*	% elongación en 25 mm**
	lbf	N	ksi	MPa		
G500T-1	1.038	4.617	52,2	361	FMB	20,9
G500T-2	965	4.293	48,2	333	FMB	21,6
G500T-3	901	4.008	47,2	326	FJS	12,2
PROMEDIO			49.2	340		18.23

FMB: Falla Material Base **FJS:** Falla Junta Soldada

(Fuente: Autor)

Procedemos a comparar los resultados de tracción de las probetas de acero ASTM A36 y A-500 obtenidos de los dos procesos de soldadura SMAW y GMAW soldadas con electrodo E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 respectivamente.

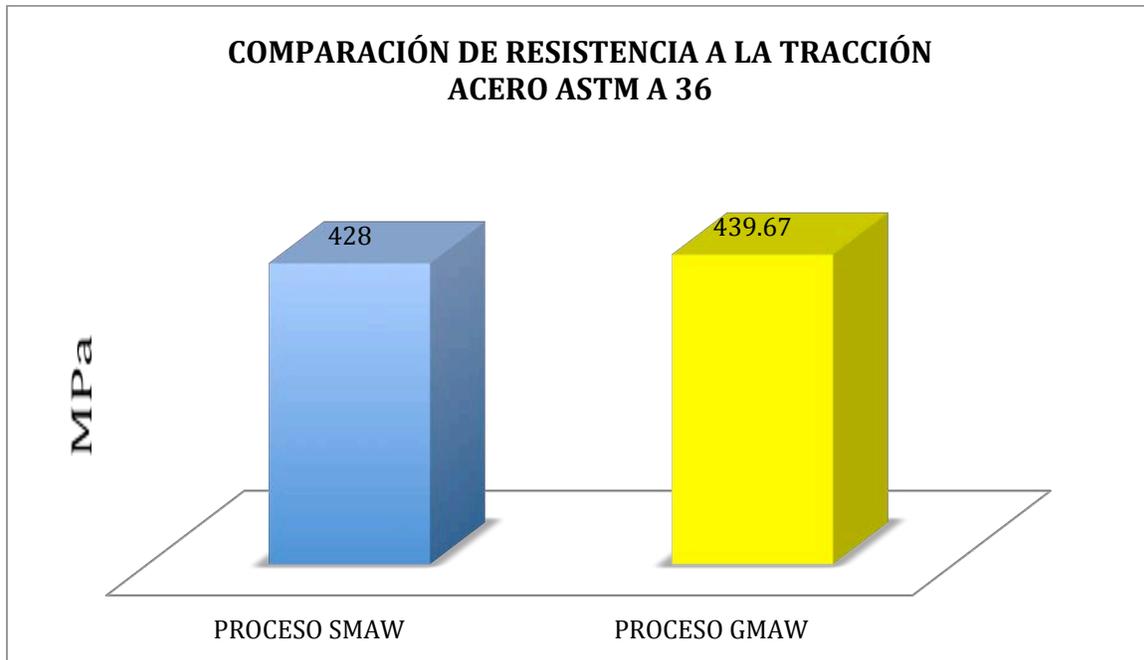


Figura 4.6 Comparación de Resistencia a la Tracción (Sut), del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

En la figura 4.6 se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 tiene un valor promedio de resistencia a la tracción de 428MPa, mientras que la soldadura de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 el valor promedio de resistencia a la tracción es de 439.67 MPa. Lo que indica que el acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso GMAW tiene ligeramente mayor resistencia a la tracción que la probeta soldada mediante el proceso SMAW

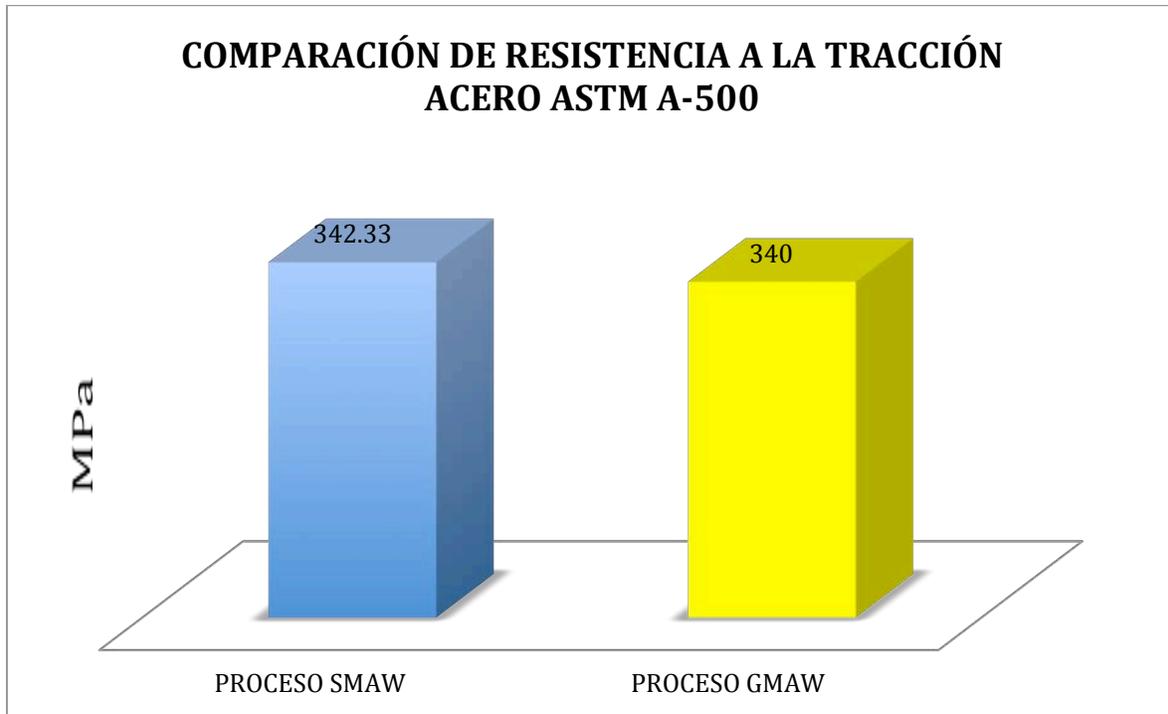


Figura 4.7 Comparación de Resistencia a la Tracción (Sut), del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

En la figura 4.7 se puede observar que la soldadura de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 tiene un valor promedio de resistencia a la tracción de 342.33 MPa, mientras que la soldadura de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ el valor promedio de resistencia a la tracción es de 340 MPa. Lo que indica que el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW y SMAW tienen similar resistencia a la tracción

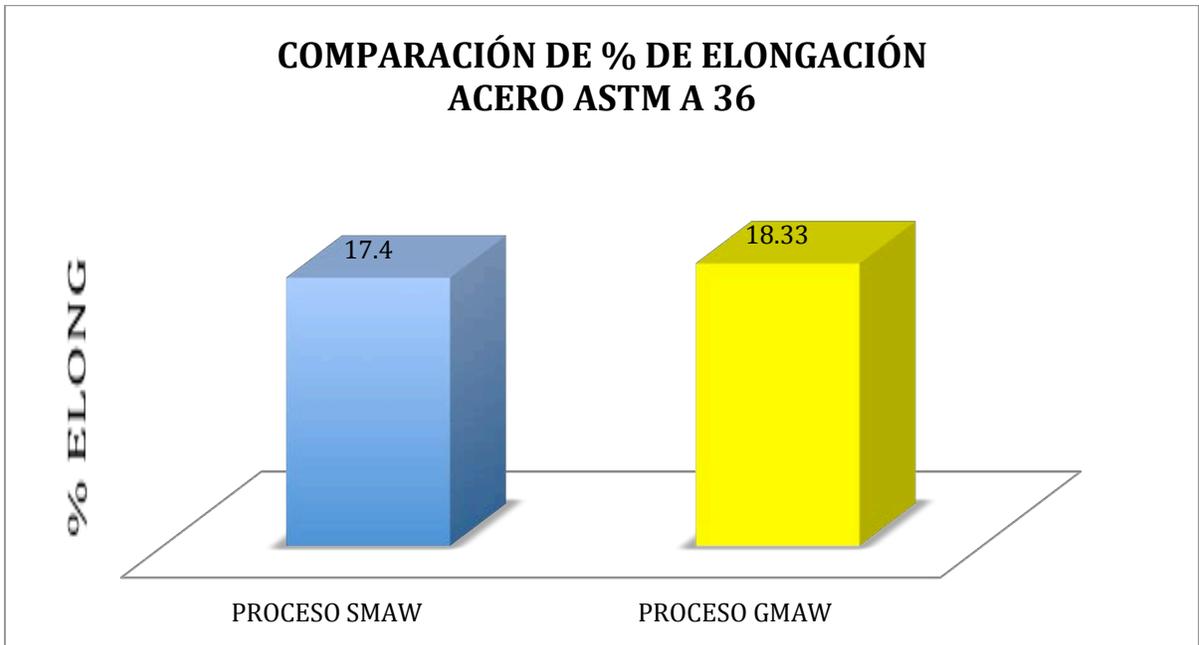


Figura 4.8 Comparación del porcentaje de elongación (%EL) del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

En la figura 4.8 se puede observar que la soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011 tiene un valor promedio de porcentaje de elongación 17.4%, mientras que la soldadura de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂ el valor promedio del porcentaje de elongación es de 18.33%. Lo que indica que el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW tiene ligeramente un porcentaje de elongación mayor que la probeta soldada mediante el proceso SMAW

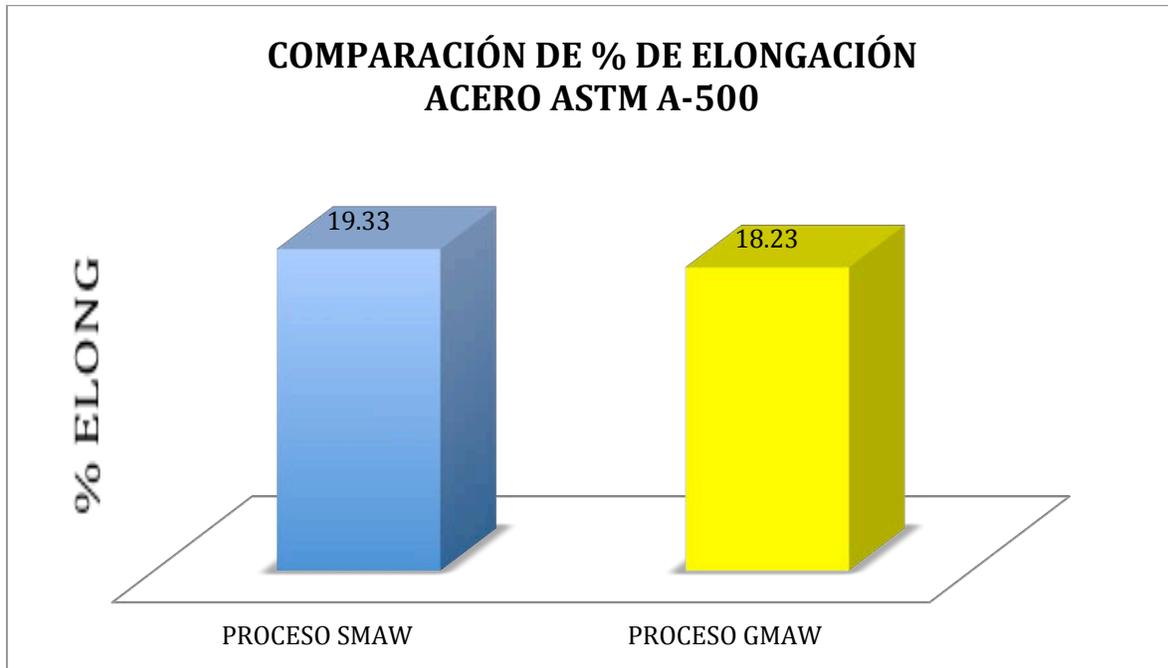


Figura 4.9 Comparación del porcentaje de elongación (%EL) del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

En la figura 4.9 se puede observar que la soldadura de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 tiene un valor promedio de porcentaje de elongación 19.33%, mientras que la soldadura de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ el valor promedio del porcentaje de elongación es de 18.23%. Lo que indica que el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW tiene ligeramente un porcentaje de elongación mayor que la probeta soldada mediante el proceso GMAW.

4.3.3 Interpretación de los resultados del ensayo metalográfico

Tabla 4.22 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011.

	TAMAÑO DE GRANO		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PROBETA 1	10.09	9.57	9.16
PROBETA 2	10.16	9.77	9.12
PROBETA 3	10.13	9.3	8.77
PROMEDIO	10.12	9.55	9.02

(Fuente: Autor)

Tabla 4.23 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011.

	TAMAÑO DE GRANO		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PROBETA 1	10.65	9.58	9.3
PROBETA 2	10.51	9.86	9.49
PROBETA 3	10.41	9.54	9.6
PROMEDIO	10.52	9.66	9.46

(Fuente: Autor)

Tabla 4.24 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

	TAMAÑO DE GRANO		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PROBETA 1	10.04	9.45	9.49
PROBETA 2	10.02	9.51	9.6
PROBETA 3	9.92	9.24	9.94
PROMEDIO	9.99	9.4	9.68

(Fuente: Autor)

Tabla 4.25 Resultados tamaño de grano de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂.

	TAMAÑO DE GRANO		
	METAL BASE	ZAT	SOLDADURA
PROBETA 1	10.4	10.31	9.69
PROBETA 2	10.5	10.06	10.16
PROBETA 3	10.51	9.58	10.18
PROMEDIO	10.47	9.98	10.04

(Fuente: Autor)

Tabla 4.26 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011 en la ZAT y en el metal base

	PORCENTAJE DE PERLITA(%)	
	METAL BASE	ZAT
PROBETA 1	31	29.9
PROBETA 2	33	28.5
PROBETA 3	31.8	29.2
PROMEDIO	31.93	29.20

(Fuente: Autor)

Tabla 4.27 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011 en la ZAT y en el metal base.

	PORCENTAJE DE PERLITA(%)	
	METAL BASE	ZAT
PROBETA 1	36.7	33.5
PROBETA 2	35.2	33.8
PROBETA 3	35.6	34.3
PROMEDIO	35.83	33.87

(Fuente: Autor)

Tabla 4.28 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 en la ZAT y en el metal base.

	PORCENTAJE DE PERLITA (%)	
	METAL BASE	ZAT
PROBETA 1	31.7	28.7
PROBETA 2	31	28.4
PROBETA 3	30.8	28.1
PROMEDIO	31.17	28.40

(Fuente: Autor)

Tabla 4.29 Resultados de porcentaje de perlita de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 en la ZAT y en el metal base.

	PORCENTAJE DE PERLITA(%)	
	METAL BASE	ZAT
PROBETA 1	35.6	33.6
PROBETA 2	35.9	31.7
PROBETA 3	35.6	33.5
PROMEDIO	35.70	32.93

(Fuente: Autor)

Tabla 4.30 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con electrodo E-6011 en el depósito de soldadura.

	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PROBETA 1	73.9	23.5
PROBETA 2	74.6	23.2
PROBETA 3	79.1	18.4
PROMEDIO	75.97	21.70

(Fuente: Autor)

Tabla 4.31 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con electrodo E-6011 en el depósito de soldadura.

	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PROBETA 1	74	23.7
PROBETA 2	72.8	26
PROBETA 3	70.1	26.9
PROMEDIO	72.30	25.53

(Fuente: Autor)

Tabla 4.32 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A 36 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 en el depósito de soldadura

	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PROBETA 1	72.8	26
PROBETA 2	70.1	26.9
PROBETA 3	68.1	29.2
PROMEDIO	70.33	27.37

(Fuente: Autor)

Tabla 4.33 Resultados de porcentaje de ferrita alotriomórfica y ferrita acicular de las probetas de acero ASTM A-500 soldadas con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 en el depósito de soldadura.

	FERRITA ALOTRIOMÓRFICA	FERRITA ACICULAR
PROBETA 1	69.2	28.7
PROBETA 2	65.4	32.8
PROBETA 3	61.8	36.1
PROMEDIO	65.47	32.53

(Fuente: Autor)

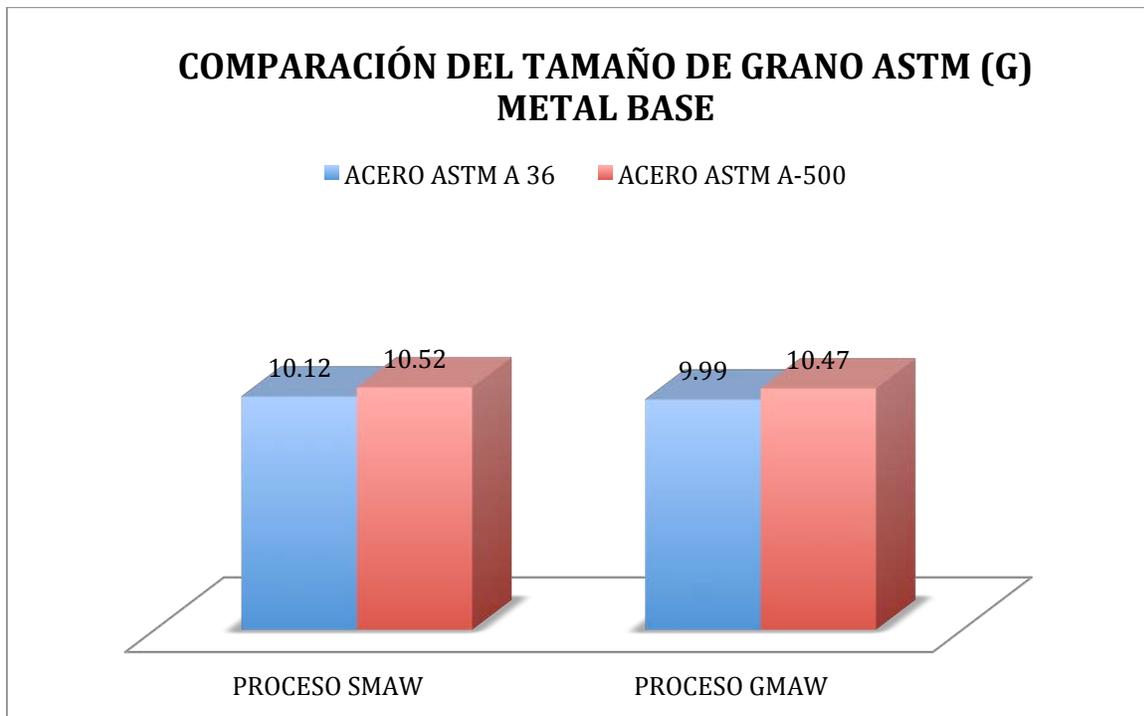


Figura 4.10 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en el metal base del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.10 muestra que el valor del tamaño de grano ASTM en el metal base de las juntas soldadas del acero ASTM A 36 soldadas mediante el proceso SMAW tiene un valor similar al soldado mediante el proceso GMAW, de la misma manera el valor del tamaño de grano ASTM en el metal base de las juntas soldadas del acero ASTM A-500 soldadas mediante el proceso SMAW es similar al soldado mediante el proceso GMAW. Lo que indica que el valor de tamaño de grano del metal base no varía al soldar el mismo material con dos procesos de soldadura diferentes.

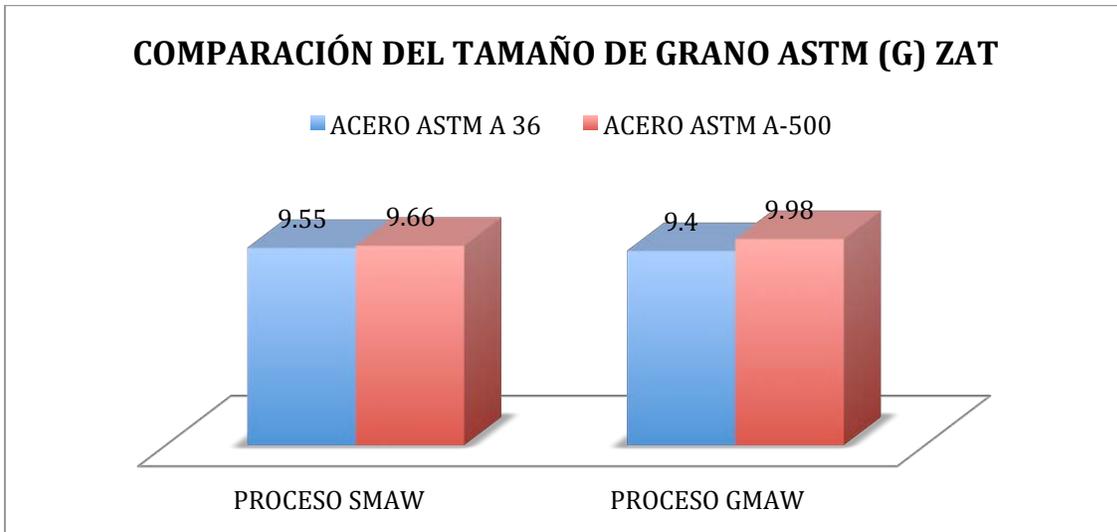


Figura 4.11 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en el ZAT del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

En el ZAT observamos que el valor mayor de tamaño de grano ASTM(G) presenta el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW con un valor de 9.98, mientras que el mismo acero soldado mediante el proceso SMAW tiene un valor de 9.66 a diferencia del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW que tienen un valor de tamaño de grano ASTM(G) de 9.55 y 9.4 respectivamente

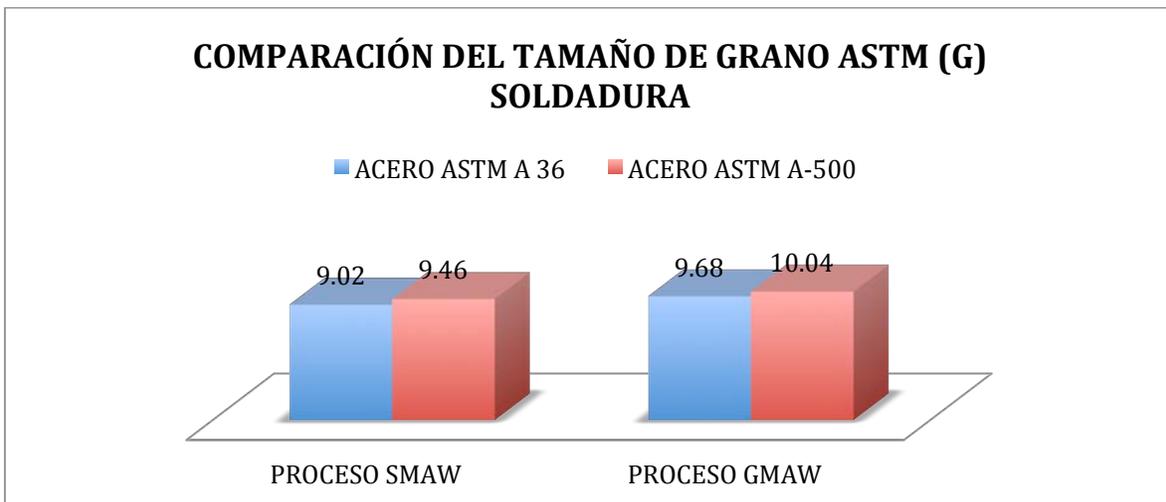


Figura 4.12 Comparación del tamaño de grano ASTM (G) en la soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.12 nos muestra que en el pozo de soldadura el valor mayor de tamaño de grano ASTM(G) presenta el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW con un valor de 10.04, mientras que el mismo acero soldado mediante el proceso SMAW tiene un valor de 9.46 a diferencia del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW que tienen un valor de tamaño de grano ASTM(G) de 9.46 y 9.68 respectivamente

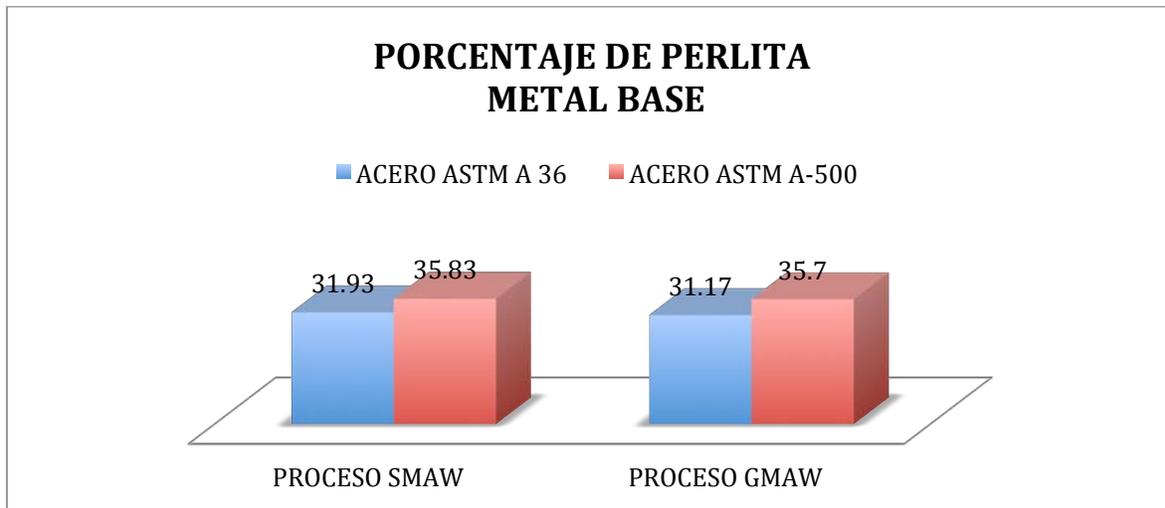


Figura 4.13 Comparación del porcentaje de Perlita en el metal base del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.13 nos muestra que en el contenido de perlita del metal base de las juntas soldadas del acero ASTM A 36 soldadas mediante el proceso SMAW tiene un valor similar al soldado mediante el proceso GMAW, de la misma manera el contenido de perlita en el metal base de las juntas soldadas del acero ASTM A-500 soldadas mediante el proceso SMAW es similar al soldado mediante el proceso GMAW. Lo que indica que el porcentaje de perlita del metal base no varía al soldar el mismo material con dos procesos de soldadura diferentes.

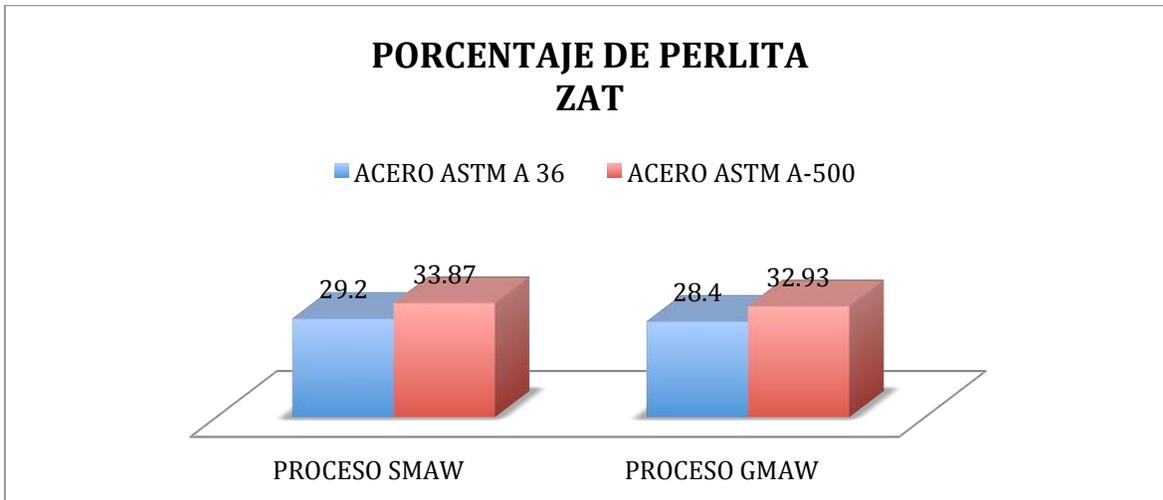


Figura 4.14 Comparación del porcentaje de Perlita en el ZAT del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.14 observamos que en el ZAT el porcentaje de perlita mayor presenta el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW con un valor de 33.87%, mientras que el mismo acero soldado mediante el proceso GMAW tiene un valor de 32.93% a diferencia del acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso SMAW y GMAW que tienen un porcentaje de perlita de 29.2% y 28.4% respectivamente.

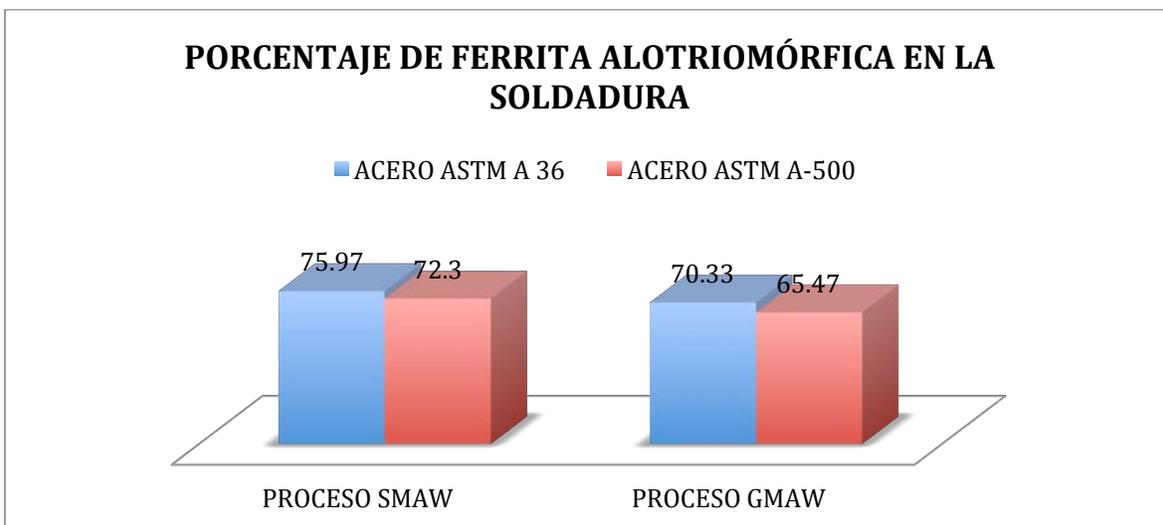


Figura 4.15 Comparación del porcentaje de Ferrita Alotriomórfica en el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.15 indica que el porcentaje ferrita alotriomórfica en el depósito de soldadura de acero ASTM A 36 con electrodo E-6011, tiene un valor de 75.97% , que es el de mayor valor ya que el mismo acero soldado con alambre ER70S-6 con gas de protección CO2 tiene un valor 70.33%, y el depósito de soldadura del acero ASTM A-500 del proceso SMAW y GMAW el porcentaje de ferrita alotriomórfica es 72.3% y 65.47% respectivamente.

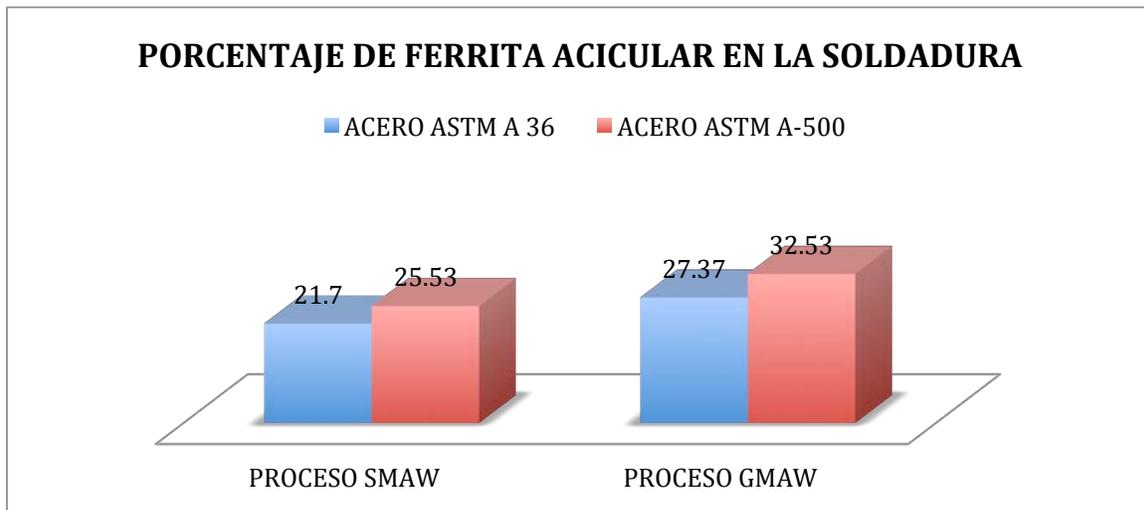


Figura 4.16 Comparación del porcentaje de Ferrita Acicular en el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 Y A-500 soldados mediante el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

La figura 4.16 indica que el porcentaje ferrita acicular en el depósito de soldadura de acero ASTM A-500 con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2 (GMAW), tiene un valor de 32.53% , que es el de mayor valor ya que el mismo acero soldado con electrodo E-6011 (SMAW) tiene un valor 25.53%, y el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 del proceso SMAW y GMAW el porcentaje de ferrita acicular es 21.7% y 27.37% respectivamente.

4.3.4 Interpretación de datos

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				 REG: RV/DG	
	ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO					
DATOS INFORMATIVOS:						
Norma Aplicada: AWS D1.3		Material: ASTM A 36		Espesor: 2mm		
Material de Aporte: Electrodo E-6011, Alambre ER70S-6 con gas de protección CO2						
Responsable: Juan Velasteguí		Fecha: 24/04/2014		Supervisor: Ing. Juan Paredes		
Proceso Soldadura	Acero	Tipo de junta	Probeta	Criterio de aceptación y rechazo		% de Aprobadas
				Aprueba	No Aprueba	
SMAW	ASTM A 36	A Tope	S36T-1	✓		66,66
			S36T-2	✓		
			S36T-3		✓	
		En T	S36F-1	✓		100
			S36F-2	✓		
			S36F-3	✓		
		A tope esquina	S36R-1		✓	66,66
			S36R-2	✓		
			S36R-3	✓		
		A Tope	S36RV-1	✓		100
			S36RV-2	✓		
			S36RV-3	✓		
PROMEDIO TOTAL DE PROBETAS APROBADAS CON LAS CUATRO TIPO DE JUNTAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DEL BUS						83,33
GMAW	ASTM A 36	A Tope	G36T-1	✓		33,33
			G36T-2		✓	
			G36T-3		✓	
		En T	G36F-1	✓		100
			G36F-2	✓		
			G36F-3	✓		
		A tope esquina	G36R-1	✓		100
			G36R-2	✓		
			G36R-3	✓		
		A Tope	G36RV-1	✓		100
			G36RV-2	✓		
			G36RV-3	✓		
PROMEDIO TOTAL DE PROBETAS APROBADAS CON LAS CUATRO TIPO DE JUNTAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DEL BUS						83,33



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



REG: RV/DG

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3 | **Material:** ASTM A-500 | **Espesor:** 2mm

Material de Aporte: Electrodo E-6011, Alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂

Responsable: Juan Velasteguí

Fecha: 24/04/2014

Supervisor: Ing. Juan Paredes

Proceso Soldadura	Acero	Tipo de junta	Probeta	Criterio de aceptación y rechazo		% de Aprobadas
				Aprueba	No Aprueba	
SMAW	ASTM A-500	A Tope	S36T-1	✓		66,66
			S36T-2	✓		
			S36T-3		✓	
		En T	S36F-1	✓		100
			S36F-2	✓		
			S36F-3	✓		
		A tope esquina	S36R-1	✓		100
			S36R-2	✓		
			S36R-3	✓		
		A Tope	S36RV-1	✓		66,66
			S36RV-2		✓	
			S36RV-3	✓		
PROMEDIO TOTAL DE PROBETAS APROBADAS CON LAS CUATRO TIPO DE JUNTAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DEL BUS						83,33
GMAW	ASTM A-500	A Tope	G36T-1	✓		33,33
			G36T-2		✓	
			G36T-3		✓	
		En T	G36F-1	✓		66,66
			G36F-2	✓		
			G36F-3		✓	
		A tope esquina	G36R-1	✓		66,66
			G36R-2	✓		
			G36R-3		✓	
		A Tope	G36RV-1	✓		66,66
			G36RV-2		✓	
			G36RV-3	✓		
PROMEDIO TOTAL DE PROBETAS APROBADAS CON LAS CUATRO TIPO DE JUNTAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DEL BUS						58,32



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



REG: RV/DG

ENSAYO DE TRACCION

DATOS INFORMATIVOS:

Norma Aplicada: AWS D1.3		Material: ASTM A 36 ASTM A-500		Espesor: 2mm				
Material de Aporte: Electrodo E-6011, Alambre ER70S-6 con gas de protección CO2								
Responsable: Juan Velasteguí			Fecha: 24/04/2014		Supervisor: Ing. Juan Paredes			
Proceso de soldadura	Acero	Probeta	Sut (Mpa)	ELONG (%)	Falla Soldadura		Criterio de aceptación y rechazo	% de Aprobadas
					FMB	FJS		
SMAW	ASTM A 36	S36TR-1	424	21,3	✓		Aprueba	100
		S36TR-2	425	18,1	✓		Aprueba	
		S36TR-3	435	12,8	✓		Aprueba	
		Promedio	428	17,4				
GMAW	ASTM A 36	G36TR-1	447	23,4	✓		Aprueba	100
		G36TR-2	441	23,2	✓		Aprueba	
		G36TR-3	431	8,4	✓		Aprueba	
		Promedio	439,67	18,33				
SMAW	ASTM A -500	S500TR-1	339	26,6	✓		Aprueba	66,66
		S500TR-2	310	10		✓	No aprueba	
		S500TR-3	378	21,4	✓		Aprueba	
		Promedio	342,33	19,33				
GMAW	ASTM A-500	G500TR-1	361	20,9	✓		Aprueba	66,66
		G500TR-2	333	21,6	✓		Aprueba	
		G500TR-3	326	12,2		✓	No Aprueba	
		Promedio	340	18,23				



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Ataque Químico: Nital 4		Material: ASTM A 36 ASTM A-500			Espesor: 2mm				
Material de Aporte: Electrodo E-6011, Alambre ER70S-6 con gas de protección CO2									
Responsable: Juan Velasteguí			Fecha: 24/04/2014			Supervisor: Ing. Juan Paredes			
Proceso de soldadura	Acero	Probeta	Tamaño de grano			% de Perlita		% de Ferrita soldadura	
			Metal Base	ZAT	Soldadura	Metal base	ZAT	Alotromórfica	acicular
SMAW	ASTM A 36	S36M-1	10,09	9,57	9,16	31	29,9	73,9	23,5
		S36M-2	10,16	9,77	9,12	33	28,5	74,6	23,2
		S36M-3	10,13	9,3	8,77	31,8	29,2	79,1	18,4
PROMEDIO			10,12	9,55	9,02	31,93	29,2	75,97	21,20
GMAW	ASTM A 36	G36M-1	10,04	9,45	9,49	31,7	28,7	72,8	26
		G36M-1	10,02	9,51	9,6	31	28,4	70,1	26,9
		G36M-1	9,92	9,24	9,94	30,8	28,1	68,1	29,2
PROMEDIO			9,99	9,4	9,68	31,17	28,4	70,33	27,37
SMAW	ASTM A-500	S500M-1	10,65	9,58	9,3	36,7	33,5	74	23,7
		S500M-2	10,51	9,86	9,49	35,2	33,8	72,8	26
		S500M-3	10,41	9,54	9,6	35,6	34,3	70,1	26,9
PROMEDIO			10,52	9,66	9,46	35,83	33,8	72,30	25,53
GMAW	ASTM A-500	G500M-1	10,4	10,31	9,69	35,6	33,6	69,2	28,7
		G500M-2	10,5	10,06	10,16	35,9	31,7	65,4	32,8
		G500M-3	10,51	9,58	10,18	35,6	33,5	61,8	36,1
PROMEDIO			10,47	9,98	10,04	35,70	32,9	65,47	32,53

4.3.5 Verificación de la hipótesis

Tabla 4.34 Comparación de todos los ensayos realizados a las juntas soldadas del Acero ASTM A 36 mediante el proceso SMAW y GMAW

			PROCESO SMAW	PROCESO GMAW	MEJOR PROCESO	
JUNTAS SODADAS ACERO ASTM A 36	Ensayo de doblez	% probetas aprobadas	83,33	83,33	SMAW y GMAW	
	Ensayo de tracción	Sut (MPa)	428	439,67	GMAW	
		ELONG (%)	17,4	18,33	GMAW	
	Ensayo Metalográfico	tamaño de grano	Metal base	10,12	9,99	GMAW Y SMAW
			ZAT	9,55	9,4	
			Soldadura	9,02	9,68	
		% Perlita	Metal base	31,93	31,17	GMAW Y SMAW
			ZAT	29,2	28,4	
		% Ferrita soldadura	Alotromórfica	75,97	70,33	GMAW Y SMAW
	Acicular		21,20	27,37		
EL MEJOR PROCESO DE SOLDADURA CON EL ACERO ASTM A 36 ES EL GMAW						

.(Fuente: Autor)

Tabla 4.35 Comparación de todos los ensayos realizados a las juntas soldadas del Acero ASTM A-500 mediante el proceso SMAW y GMAW

			PROCESO SMAW	PROCESO GMAW	MEJOR PROCESO	
JUNTAS SODADAS ACERO ASTM A-500	Ensayo de doblez	% probetas aprobadas	83,33	58,32	SMAW	
	Ensayo de tracción	Sut (MPa)	342,33	340	SMAW	
		ELONG(%)	19,33	18,23	SMAW	
	Ensayo Metalográfico	tamaño de grano	Metal base	10,52	10,47	SMAW Y GMAW
			ZAT	9,66	9,98	
			soldadura	9,46	10,04	
		% Perlita	Metal base	35,83	35,70	SMAW Y GMAW
			ZAT	33,8	32,9	
		% Ferrita soldadura	Alotromórfica	72,30	65,47	SMAW Y GMAW
	Acicular		25,53	32,53		
EL MEJOR PROCESO DE SOLDADURA CON EL ACERO ASTM A-500 ES EL SMAW						

(Fuente: Autor)

Ensayo de doblez Guiado

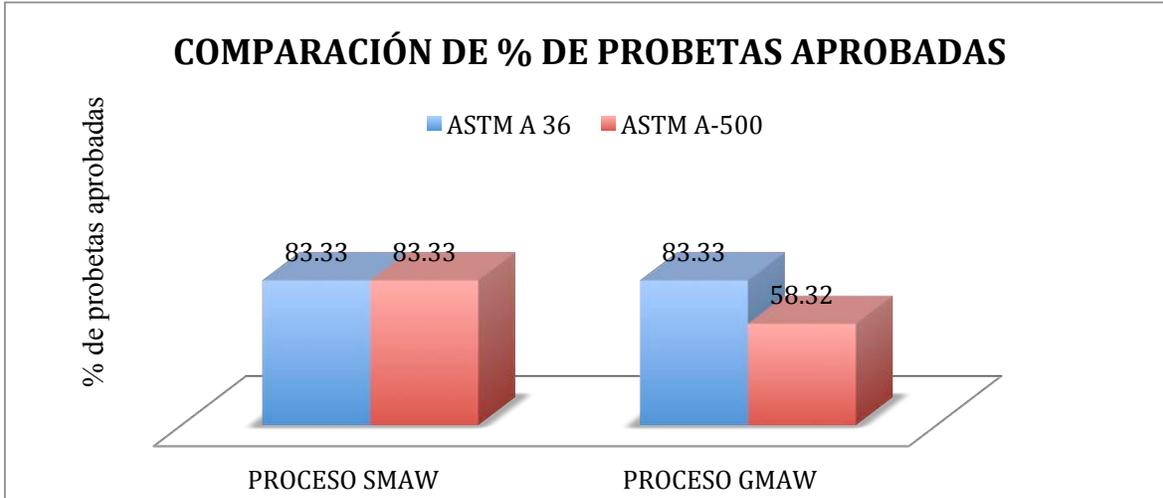


Figura 4.17 Comparación de los valores del porcentaje de probetas aprobadas del acero ASTM A 36 y A-500 soldadas con el proceso SMAW y GMAW

Fuente: Autor

Tabla 4.36. Comparación de los valores de la resistencia a la tracción

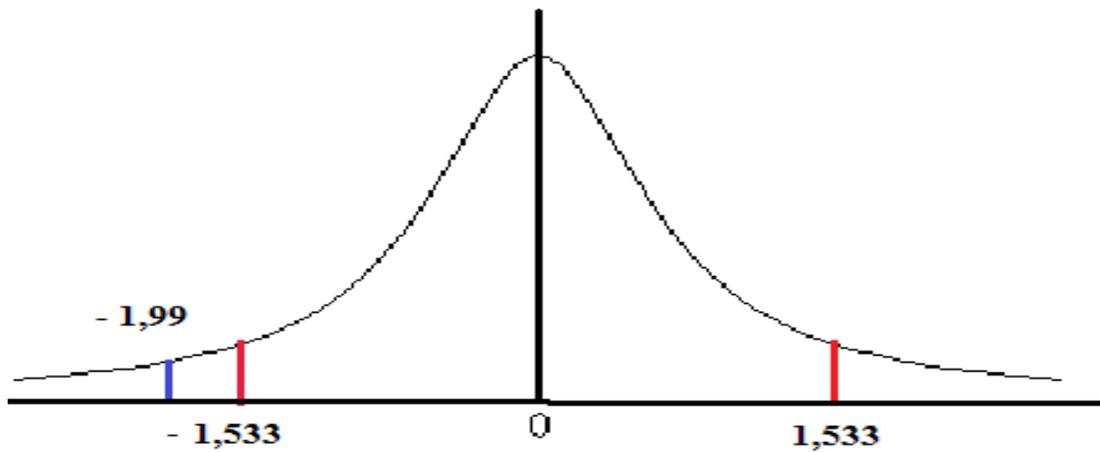
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Sut)		
Material: ASTM A 36		
	SMAW (MPa)	GMAW (MPa)
Probeta 1	424	447
Probeta 2	425	441
Probeta 3	435	431

Fuente: Autor

Tabla 4.37. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	428	439,666667
Varianza	37	65,33333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	51,1666667	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1,99755551	
Valor crítico de t (una cola)	1,53320627	

Fuente: Autor



El valor estadístico t es mayor que el valor crítico, es decir si hay diferencias significativas.

Tabla 4.38. Comparación de los valores del porcentaje de elongación

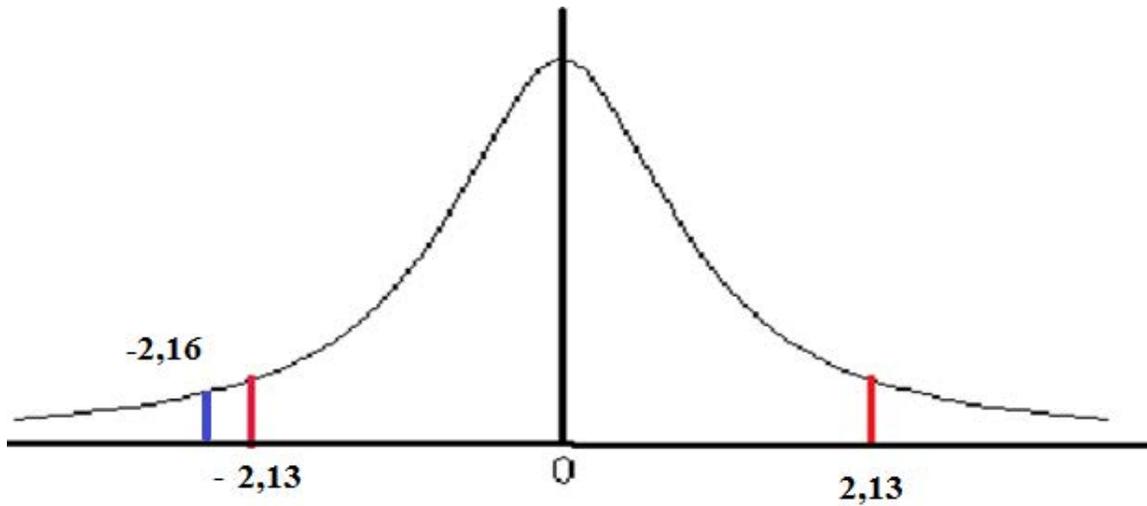
ELONGACIÓN (%)		
Material: ASTM A 36		
	SMAW (%)	GMAW (%)
Probeta 1	21,3	23,4
Probeta 2	18,1	23,2
Probeta 3	12,8	8,4

Fuente: Autor

Tabla 4.39. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	17,4	18,3333333
Varianza	18,43	74,0133333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	46,2216667	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-2,16813557	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	

Fuente: Autor



El valor estadístico t es mayor que el valor crítico, es decir si hay diferencias significativas.

Tabla 4.40. Comparación de los valores de la resistencia a la tracción

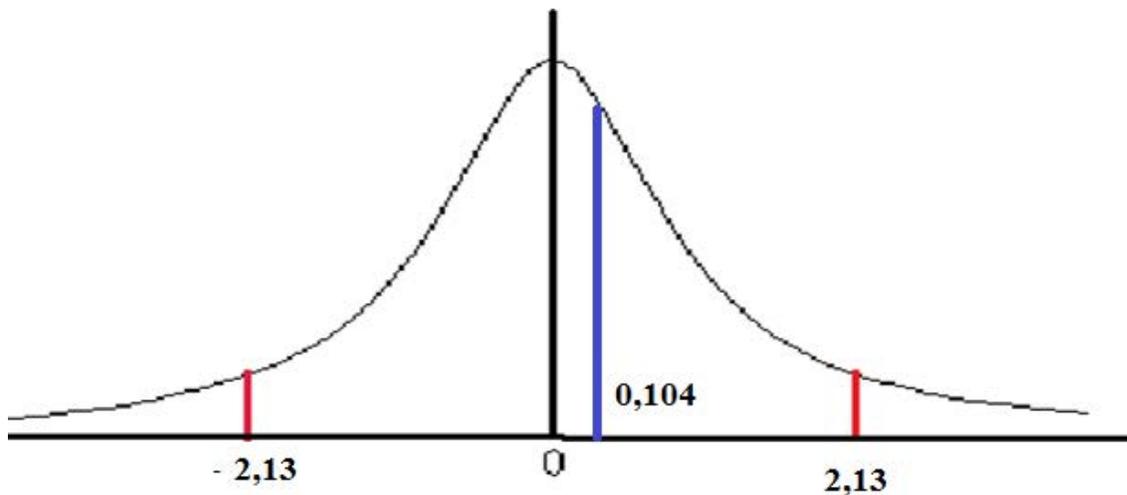
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Sut)		
Material: ASTM A 500		
	SMAW (MPa)	GMAW (MPa)
Probeta 1	339	361
Probeta 2	310	333
Probeta 3	378	326

Fuente: Autor

Tabla 4.41. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	342,333333	340
Varianza	1164,333333	343
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	753,666667	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	0,10409569	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	

Fuente: Autor



El valor estadístico t es menor que el valor crítico, es decir no hay diferencias significativas.

Tabla 4.42. Comparación de los valores del porcentaje de elongación

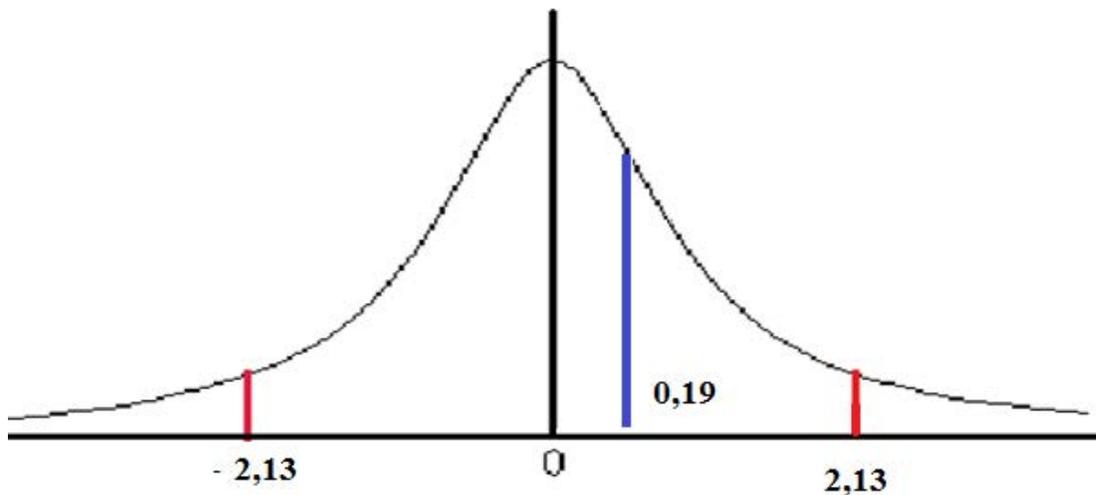
ELONGACIÓN (%)		
Material: ASTM A 500		
	SMAW (%)	GMAW (%)
Probeta 1	26,6	20,9
Probeta 2	10	21,6
Probeta 3	21,4	12,2

Fuente: Autor

Tabla 4.43. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	19,3333333	18,2333333
Varianza	72,0933333	27,4233333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	49,7583333	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	0,1909877	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	

Fuente: Autor



El valor estadístico t es menor que el valor crítico, es decir no hay diferencias significativas.

En la tabla 4.44 se resume los valores del t de student los casos estudiados.

Prueba t de Student
Comparación De los Procesos SMAW y GMAW

		t estadístico	Valor Crítico
Resistencia a tracción	A36	-1,99	1,53
% Elongación		-2,16	2,13
Resistencia a tracción	A500	0,104	2,13
% Elongación		0,19	2,13

Fuente: Autor

Tanto para la resistencia a la tracción como para el porcentaje de elongación del acero ASTM A 36 el t estadístico es mayor que el valor crítico, por lo que existe diferencias significativas es decir el mejor proceso es el GMAW.

Tanto para la resistencia a la tracción como para el porcentaje de elongación del acero ASTM A-500 el t estadístico es menor que el valor crítico, por lo que no existe diferencias significativas es decir el mejor proceso es el SMAW.

Hipótesis: El estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre aceros ASTM A36 y A500 permitirá determinar las mejores propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses.

Una vez que se realizó los ensayos de doblez guiado, tracción y metalográficos de las juntas soldadas de acero ASTM A 36 y A-500 con electrodo AWS E-6011 y Alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ se puede comprobar que el acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso GMAW presenta una mejora en las propiedades mecánicas frente al mismo acero soldado mediante el proceso SMAW, también se pudo comprobar que el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW presenta mejores propiedades mecánicas frente al mismo acero soldado mediante el proceso GMAW.

La resistencia de la junta soldada en el ensayo de doblez guiado del acero ASTM A 36 resulto ser igual tanto para el proceso SMAW como para el proceso GMAW como se muestra en la tabla 4.32.

Pero al momento de realizar el ensayo de doblez guiado del acero ASTM A-500 la resistencia de la junta soldada resultó ser mejor la del proceso SMAW que la del proceso GMAW como se puede apreciar en la tabla 4.33.

La resistencia a la tracción (Sut) así como también el porcentaje de elongación (% ELONG) del acero ASTM A 36 soldado con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso GMAW) es mas alta que cuando soldamos con electrodo E-6011 (proceso SMAW) 4.32.

La resistencia a la tracción (Sut) así como también el porcentaje de elongación (% ELONG) del acero ASTM A-500 soldado con electrodo E-6011 (proceso SMAW) es mas alta que cuando soldamos con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso SMAW) 4.33.

Por consiguiente las juntas soldadas del Acero ASTM A 36 mediante el proceso GMAW presentaron la mejor combinación de propiedades mecánicas en donde la resistencia de la

junta soldada, la resistencia última a la tracción, el % de elongación resultaron ser mayores que las juntas soldadas mediante electodos E-6011 (Proceso SMAW)

Finalmente las juntas soldadas del Acero ASTM A-500 mediante el proceso SMAW presentaron la mejor combinación de propiedades mecánicas en donde la resistencia de la junta soldada, la resistencia última a la tracción, el % de elongación resultaron ser ligeramente mayores que las juntas soldadas mediante el proceso GMAW

Por lo expuesto se verifica la hipótesis

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez que se ha realizado el estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36 y A-500 en las juntas soldadas de la estructura de buses se puede anotar las siguientes conclusiones:

Los parámetros principales que interviene en los procesos de soldadura GMAW son la tensión del arco, diámetro y la posición del alambre-electrodo, así como su composición química y el tipo de gas utilizado. En cambio los parámetros principales del proceso SMAW son el tipo y diámetro de electrodo utilizado, la corriente de soldeo y la posición del electrodo.

La resistencia de las juntas soldadas en la estructura del bus varía conforme el tipo de material utilizado y al proceso de soldadura que empleemos, se comprobó que el Acero ASTM A 36 soldado con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso GMAW) presenta mejores propiedades mecánicas que al soldarlo con electrodo E-6011 (proceso SMAW)

También se comprobó que el Acero ASTM A-500 soldado con Electrodo E-6011 (proceso SMAW) presenta mejores propiedades mecánicas que al soldarlo con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso GMAW).

El Acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso GMAW presenta una resistencia a la tracción y un porcentaje de elongación mayor que cuando soldamos este acero mediante el proceso SMAW

Además se comprobó que la resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación del acero

ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW es mayor pero no de manera significativa frente al acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW

El tamaño de grano en el metal base del acero ASTM A 36 y A-500 es mas fino que el encontrado en el ZAT y pozo de soldadura ya que al soldar el grano se distorciona y por ende aumenta su tamaño.

El contenido de Perlita en el metal base tanto en el acero ASTM A 36 com en el acero ASTM A-500 es mayor que el encontrado en el ZAT ya que al soldar se vera afectada la resistencia del material al reducirse el porcentaje de perlita

En el depósito de soldadura del acero ASTM A 36 soldado con el proceso GMAW el pocentaje de ferrita alotriomórfica es menor que cuando soldamos mediante el proceso SMAW y por ende tenemos un mayor porcentaje de ferrita acicular con lo que tenemos una mayor tenacidad de la junta lo mismo ocurre con el acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW.

5.2. Recomendaciones

Al preparar las probetas tanto para el ensayo de doblez guiado y tracción, al momento de cortar el material debemos tener cuidado de no recalentarlo demasiado, para lo cual se debe cortar despacio utilizando cierra o cizalla ya que al cortar con plasma o disco abrasivos podría variar la microestructura del material ensayado

La soldadura de las probetas se debe realizar en un ambiente adecuado libre de impurezas propias de la carrocería que podrían afectar los resultados del ensayo

Las superficies de las probetas que vayamos a preparar deben ser limpiadas correctamente dejándolas libres de todo tipo de suciedad o impurezas.

Tomar las medidas de seguridad y Utilizar el equipo de protección adecuado para soldar

como guantes, gafas y máscara

Al momento de realizar el ensayo de doblez guiado tener mucho cuidado al tratar de doblar la probeta con el martillo ya que si la soldadura es defectuosa puede provocar el desprendimiento del metal base con la soldadura

Al realizar el ensayo de Tracción debemos tener cuidado que la probeta este correctamente maquinada para que no haya concentradores de esfuerzos y se rompan de manera incorrecta

Al realizar el ensayo metalográfico las probetas deben estar pulidas de manera correcta ya que si no es así se observa en el microscopio rayaduras que impiden ver los componentes microestructurales del acero ensayado

El ataque químico se debe realizar en un tiempo muy acertado ya que si no es así genera la quemadura de la superficie impidiéndonos ver la microestructura, también debemos tener cuidado al momento de manipular los reactivos utilizados que podrían generar quemaduras en el cuerpo humano.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

Elaboración del proceso de soldadura GMAW con material de aporte alambre ER70S-6 con gas protector CO₂ en las juntas soldadas de acero ASTM A 36 así como también del proceso de soldadura SMAW con material de aporte electrodo E-6011 en las juntas soldadas de acero ASTM A-500 en la fabricación de la estructura de buses.

6.1. Datos informativos

Una vez realizado el estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 en la estructura de buses se ha llegado a determinar que las juntas soldadas del acero ASTM A 36 soldadas mediante el proceso GMAW tienen una mejor combinación de propiedades mecánicas teniendo una mayor resistencia la junta en el ensayo dobléz, así como también una mayor resistencia a la tracción y porcentaje de elongación que las juntas soldadas con el proceso SMAW.

También se llegó a determinar que las juntas soldadas del Acero ASTM A-500 soldadas mediante el proceso SMAW (electrodo E-6011) tienen una mejor combinación de propiedades mecánicas otorgando una mayor resistencia de la junta soldada en el ensayo de dobléz, así como también una mayor resistencia a la tracción y porcentaje de elongación que las juntas soldadas mediante el proceso GMAW

Este estudio constituye un aporte interesante para el área de materiales y el sector carrocerero ya que se llegó a determinar el material y el tipo de proceso de soldadura más apropiado para obtener una combinación de propiedades mecánicas en las juntas soldadas para un material y proceso de soldadura específico

Una parte de los ensayos se realizaron en los Laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional siendo estos los de doblado guiado y tracción.

Los ensayos metalográficos se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Cantón Ambato, Provincia del Tungurahua

6.2. Antecedentes de la propuesta

Existen investigaciones previas acerca de los procesos de soldadura SMAW y GMAW pero es un poco complicado encontrar estudios de las juntas soldadas en la estructura de buses para un material soldado mediante un proceso de soldadura específico.

Mediante esta investigación del estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 en las juntas soldadas de la estructura de buses se llegó a concluir que las juntas soldadas de acero ASTM A 36 con el proceso GMAW con material de aporte ER70S-6 con gas de aporte CO₂ resulto ser mas eficiente que cuando soldamos con Electrodo E-6011 (Proceso SMAW)

Asi como también, se concluyó que las juntas soldadas de acero ASTM A-500 con el proceso SMAW con material de aporte Electrodo E-6011 resulto ser mas eficiente que cuando soldamos con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂ (Proceso GMAW)

6.3. Justificación.

El proceso de soldadura GMAW en las juntas soldadas de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂ presenta unas mejores propiedades mecánicas de las juntas soldadas mediante la cual podemos aplicar una soldadura mucho mas garantizada en la estructura de buses dando confiabilidad y seguridad a los usuarios de este tipo de transporte.

El proceso de soldadura SMAW en las juntas soldadas de acero ASTM A-500 con electrodo E-6011 presenta unas mejores propiedades mecánicas de las juntas soldadas

mediate la cual podemos aplicar una soldadura mucho mas garantizada en la estructura de buses dando confiabilidad y seguridad a los usuarios de este tipo de transporte.

Ya que actualmecte en el sector carrocerero no se sigue procedimientos de soldadura de los diferentes tipos de acero bajo normas establecidas, lo que esto genera problemas en los elementos que conforman la estructura de los buses y por ende en las soldaduras ya que el bus en su vida útil está expuestos a difentes fuerzas mecánicas, por lo que es necesario en la construcción de carocerías establecer un procedimiento adecuado de soldadura de acuerdo al material utilizado que garantice seguridad y calidad de la carrocería del bus.

6.4 Objetivos.

6.4.1 Objetivos generales.

Establecer un procedimiento de soldadura GMAW con material de aporte alambre ER70S-6 con gas protector CO2 en las juntas soldadas de acero ASTM A 36 así como también el procedimiento de soldadura SMAW con material de aporte electrodo E-6011 en las juntas soldadas de acero ASTM A-500 en la fabricación de las estructura de buses.

6.4.2.- Objetivos específicos.

- Elaborar un procedimiento de soldadura WPS para las juntas soldadas en el acero ASTM A 36 del procso GMAW en las estructuras de buses
- Elaborar un procedimiento de soldadura WPS para las juntas soldadas en el acero ASTM A-500 del procso SMAW en las estructuras de buses
- Ejecutar el procedimiento de soldadura GMAW para las juntas soldadas de acero ASTM A 36 en la estructura de buses
- Ejecutar el procedimiento de soldadura SMAW para las juntas soldadas de acero ASTM A-500 en la estructura de buses

- Realizar los procedimientos de los ensayos realizados como son: dobléz guiado, tracción y metalográficos del acero ASTM A 36 mediante el proceso GMAW y del acero ASTM A-500 mediante el proceso SMAW.

6.5.- Análisis de factibilidad

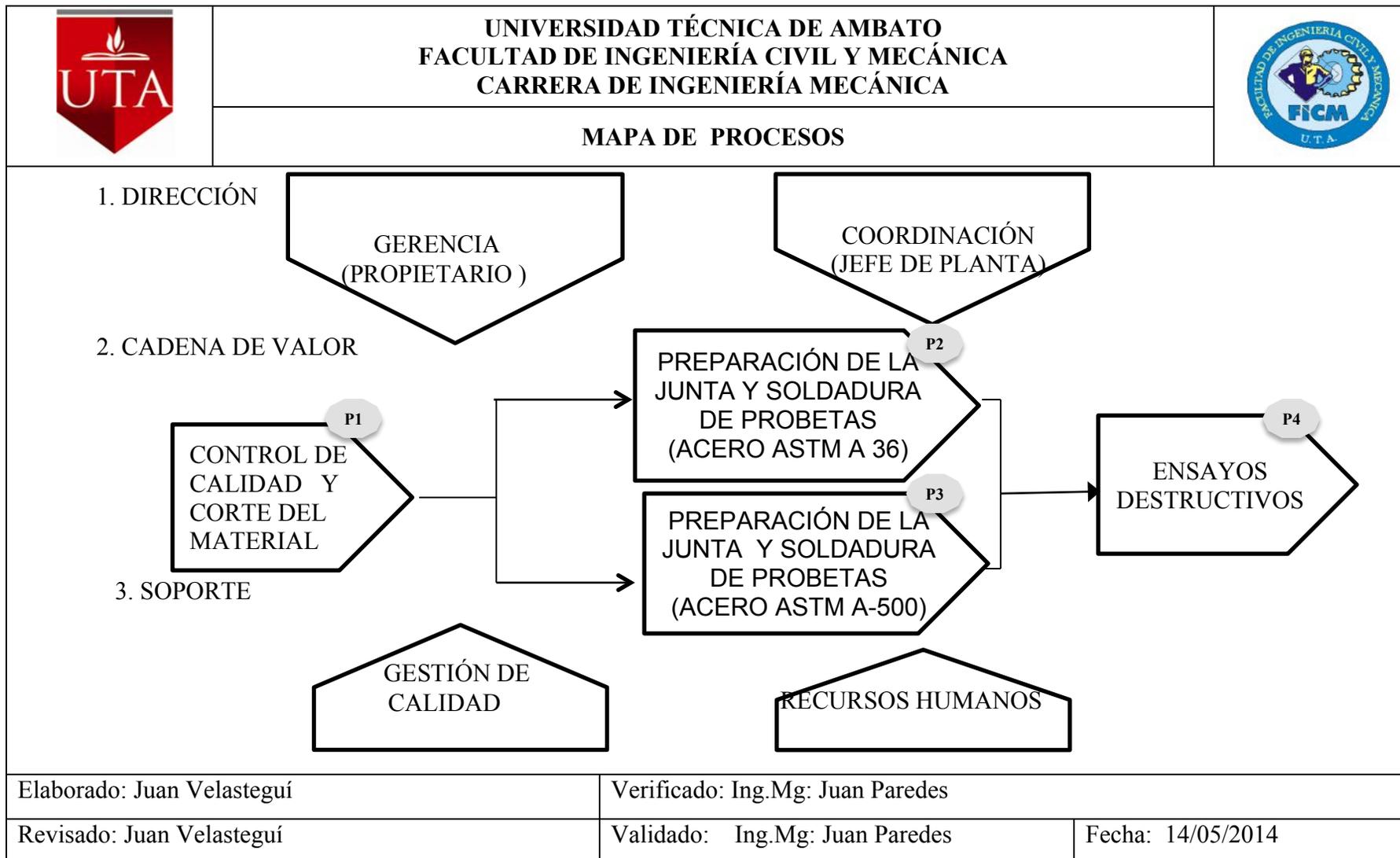
El presente estudio si es factible de realizarlo como se puede ver en la tabla 6.1 ya que tiene un costo razonable por ende fue viable realizarlo, los materiales podemos conseguirlos fácilmente ya que se encuentran disponibles en todo el país especialmente en la ciudad de Ambato, también disponemos de la normativa necesaria para realizar este tipo de estudio así como también toda la información necesaria para realizarlo. Los laboratorios de materiales donde se realizaron los ensayos de la Escuela Politécnica Nacional y de la Universidad Técnica de Ambato de la carrera de Ingeniería Mecánica cuentan con los equipos e instrumentos indispensables para este tipo de ensayos .

6.6.- Fundamentación

Los resultados se realizaron fundamentados en las diferentes normas utilizadas, en donde se muestra las características de las probetas y los parámetros más importantes que intervienen en el ensayo de dobléz guiado, tracción y metalográficos

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de las juntas soldadas de acero ASTM A 36 con alambre ER70S-6 (proceso GMAW) con gas de protección CO₂ y del Acero ASTM A-500 soldado con electrodo E-6011 (proceso SMAW)

6.7 Metodología



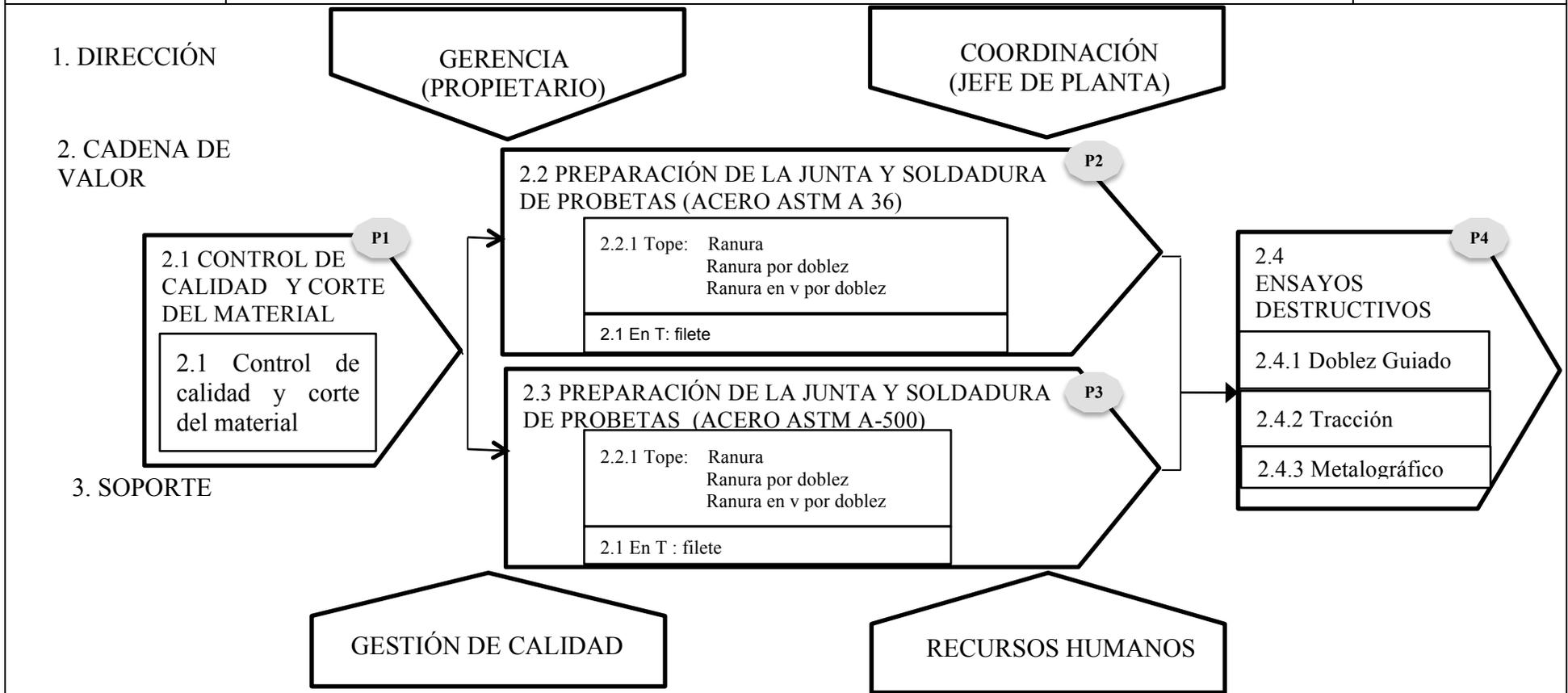


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



MAPA DE PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA DE BUSES

222



Elaborado: Juan Velasteguí

Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes

Revisado: Juan Velasteguí

Validado: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: 14/05/2014

6.7.1 Control de calidad y corte del material

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	CONTROL DE CALIDAD Y CORTE DEL MATERIAL	PROC: 01/CM
OBJETIVO: Verificar las características del material a utilizarse en base a la norma ASTM A 36 y A-500		ALCANCE: Se Aplica para la fabricación de la estructura de buses para espesores de 2mm
JEFE DE PLANTA	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 15%;"> <p style="text-align: center;">Control de calidad y corte de material</p> </div> <div style="width: 60%; border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Supervisión del material a utilizarse 1</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> REG 2.1.1 Norma ASTM A 36, A-500 </div> </div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Verificar que el material este en perfectas condiciones y con las especificaciones requeridas por la carrocería 2</p> </div> </div>	
OBRERO	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Almacenamiento del material que va ser empleado 3</p>  </div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Preparación y selección de los materiales y equipos requeridos para el corte. 4</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> REG 2.1.3 Informe Técnico </div> </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes Fecha: 14/05/2014



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



**CONTROL DE CALIDAD Y CORTE DEL
MATERIAL**

PROC: 01/CM

OBrero

5

Corte del acero a utilizarse con cizalla para no recalentar el material (Acero ASTM A 36, A-500)



Va a:
Preparación de la junta
a tope con técnica de
soldadura de: Ranura,
Ranura por doblez y
Ranura en V por
doblez (Acero ASTM
A 36)

Elaborado: Juan Velasteguí

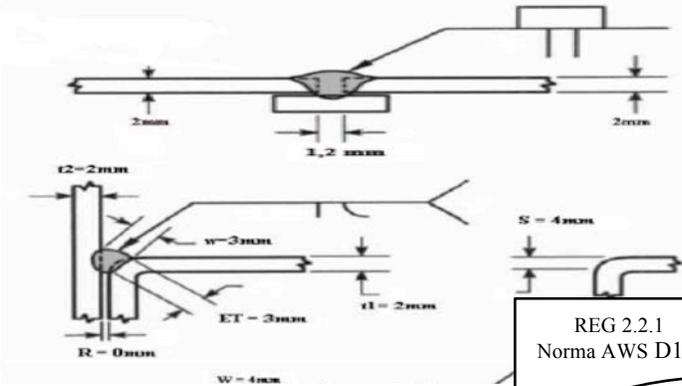
Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes

Revisado: Juan Velasteguí

Validado: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: 14/05/2014

6.7.2 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta a tope acero ASTM A 36)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	PREPARACIÓN JUNTA A TOPE CON LAS TÉCNICAS DE SOLDADURA DE RANURA	PROC: 02/JT
OBJETIVO: Elaborar el proceso para preparar la junta soldada utilizando la tecnica de soldadura apropiada con los parámetros de soldeo requeridos (proceso GMAW)		ALCANCE: Este tipo de procedimiento sirve para la fabricación de estructura de buses con espesores de 2mm
OBRERO	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="321 716 678 1100" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Preparación de la junta a tope con técnica de soldadura de: Ranura, Ranura por doblé y Ranura en V por doblé (Acero ASTM A 36) </div> <div data-bbox="683 653 1036 1192" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">1</div> <p>Eliminación de residuos y óxido de metal cortado a mano con cizalla.</p>  </div> <div data-bbox="1073 653 1471 1226" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">2</div> <p>Organizar los diferentes equipos y materiales en su respectivo lugar que se utilizaran en el proceso de soldadura GMAW</p>  <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> REG 2.1.3 Informe Técnico </div> </div> </div>	
SOLDADOR	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="321 1262 1062 1787" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">3</div> <p>Dimensionamiento de las probetas de acero ASTM A36 que van hacer soldadas y especificaciones del tipo de junta requerida</p>  <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1,3 </div> </div> <div data-bbox="1105 1262 1471 1787" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">4</div> <p>Parámetros de la soldadura para el proceso GMAW</p> <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de avance (120-160mm/min) - Intensidad (90-140 Amperios) - Tensión de trabajo (25-27 Voltios) <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> REG 2.2.2 WPS 0.01-0.03 </div> </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes Fecha: 14/05/2014

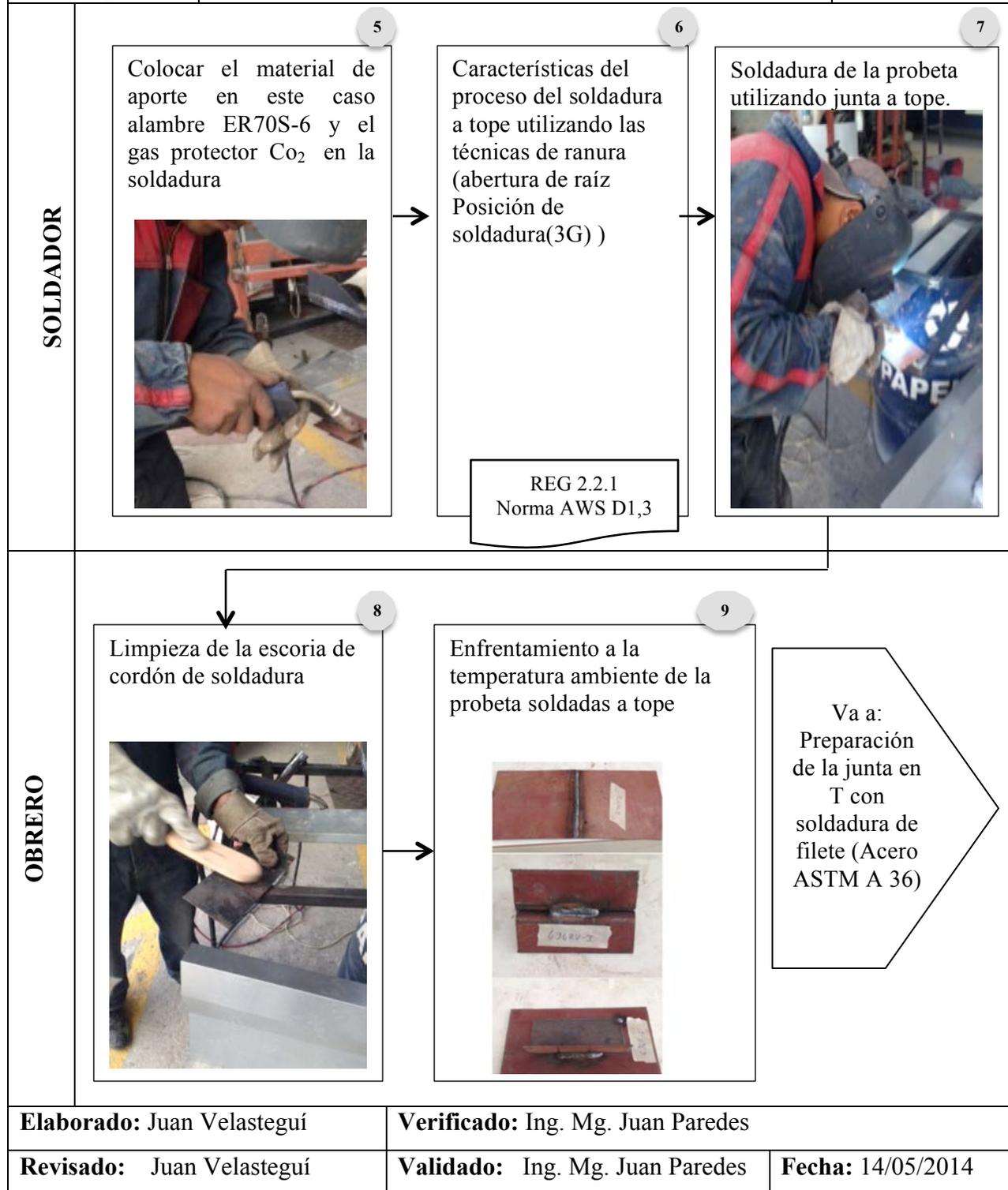


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

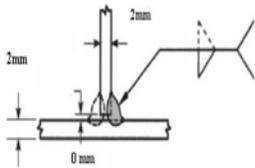


**PREPARACIÓN JUNTA A TOPE CON LAS
TÉCNICAS DE SOLDADURA DE RANURA**

PROC: 02/JT



6.7.3 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta en T acero ASTM A 36)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	PREPARACIÓN JUNTA EN T CON TÉCNICA DE SOLDADURA DE FILETE	PROC: 02/FL
OBJETIVO: Elaborar el proceso para preparar la junta soldada utilizando la tecnica de soldadura apropiada con los parámetros de soldeo requeridos (proceso GMAW)		ALCANCE: Este tipo de procedimiento sirve para la fabricación de estructura de buses con espesores de 2mm
OBrero	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> Preparación de la junta en T con soldadura de filete (Acero ASTM A 36) </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>1</p> <p>Eliminación de residuos y óxido del metal cortado.</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>2</p> <p>Organizar los diferentes equipos y materiales en su respectivo lugar que se utilizaran en el proceso de soldadura GMAW</p>  </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> REG 2.1.3 Informe Técnico </div>	
SOLDADOR	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>3</p> <p>Dimensionamiento de las probetas de acero ASTM A36 que van hacer soldadas</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>4</p> <p>Especificaciones requeridos del tipo de junta antes de ser soldada</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>5</p> <p>Parámetros de la soldadura (intensidad, velocidad de avance)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de avance (120-160mm/min) - Intensidad (90-140 Amperios) - Tensión de trabajo (25-27 Voltios) </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">REG 2.2.1 Norma AWS D1,3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">REG 2.2.1 Norma AWS D1,3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">REG 2.2.2 WPS 0.04</div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí	Validado: Ing. Mg. Juan Paredes	Fecha: 14/05/2014

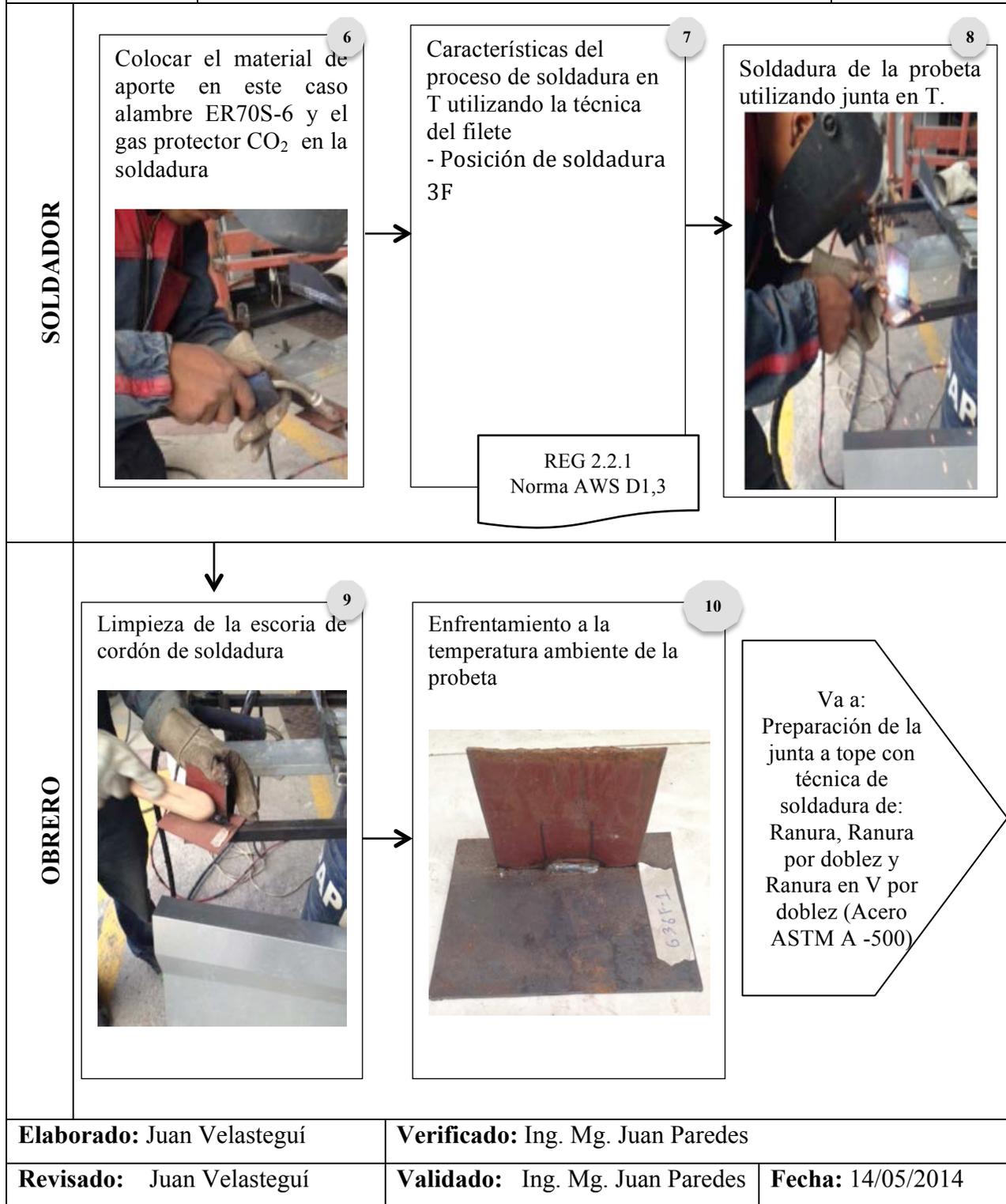


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

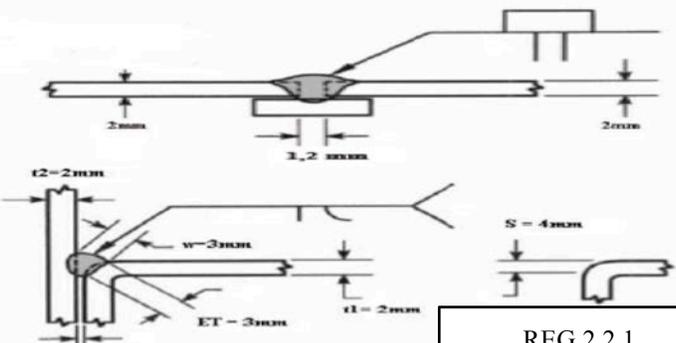


**PREPARACIÓN JUNTA EN T CON TÉCNICA DE
SOLDADURA DE FILETE**

PROC: 02/FL



6.7.4 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta a tope acero ASTM A-500)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	PREPARACIÓN JUNTA A TOPE CON LAS TÉCNICAS DE SOLDADURA DE RANURA	PROC: 03/JT
OBJETIVO: Elaborar el proceso para preparar la junta soldada utilizando la tecnica de soldadura apropiada con los parámetros de soldeo requeridos (proceso SMAW)		ALCANCE: Este tipo de procedimiento sirve para la fabricación de estructura de buses con espesores de 2mm
OBrero	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="321 722 678 1108" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Preparación de la junta a tope con técnica de soldadura de: Ranura, Ranura por doblez y Ranura en V por doblez (Acero ASTM A-500) </div> <div data-bbox="683 667 1036 1201" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">1</p> <p>Eliminación de residuos y óxido de metal cortado a mano con cizalla.</p>  </div> <div data-bbox="1073 667 1474 1201" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">2</p> <p>Organizar los diferentes equipos y materiales en su respectivo lugar que se utilizaran en el proceso de soldadura SMAW</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px; text-align: center;"> REG 2.1.3 Informe Técnico </div> </div> </div>	
SOLDADOR	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="321 1234 1084 1717" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Dimensionamiento de las probetas de acero ASTM A-500 que van hacer soldadas y especificaciones del tipo de junta requerida</p>  </div> <div data-bbox="1089 1234 1474 1759" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">3</p> <p>Parámetros de la soldadura (intensidad, posición del electrodo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad (90-140 Amperios) -Velocidad de avance (120-160mm/min) -Tensión de trabajo (25-27 Voltios) </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="824 1667 1105 1780" style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1,3 </div> <div data-bbox="1252 1667 1490 1780" style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> REG 2.2.2 WPS 0.05-0.07 </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí	Validado: Ing. Mg. Juan Paredes	Fecha: 14/05/2014

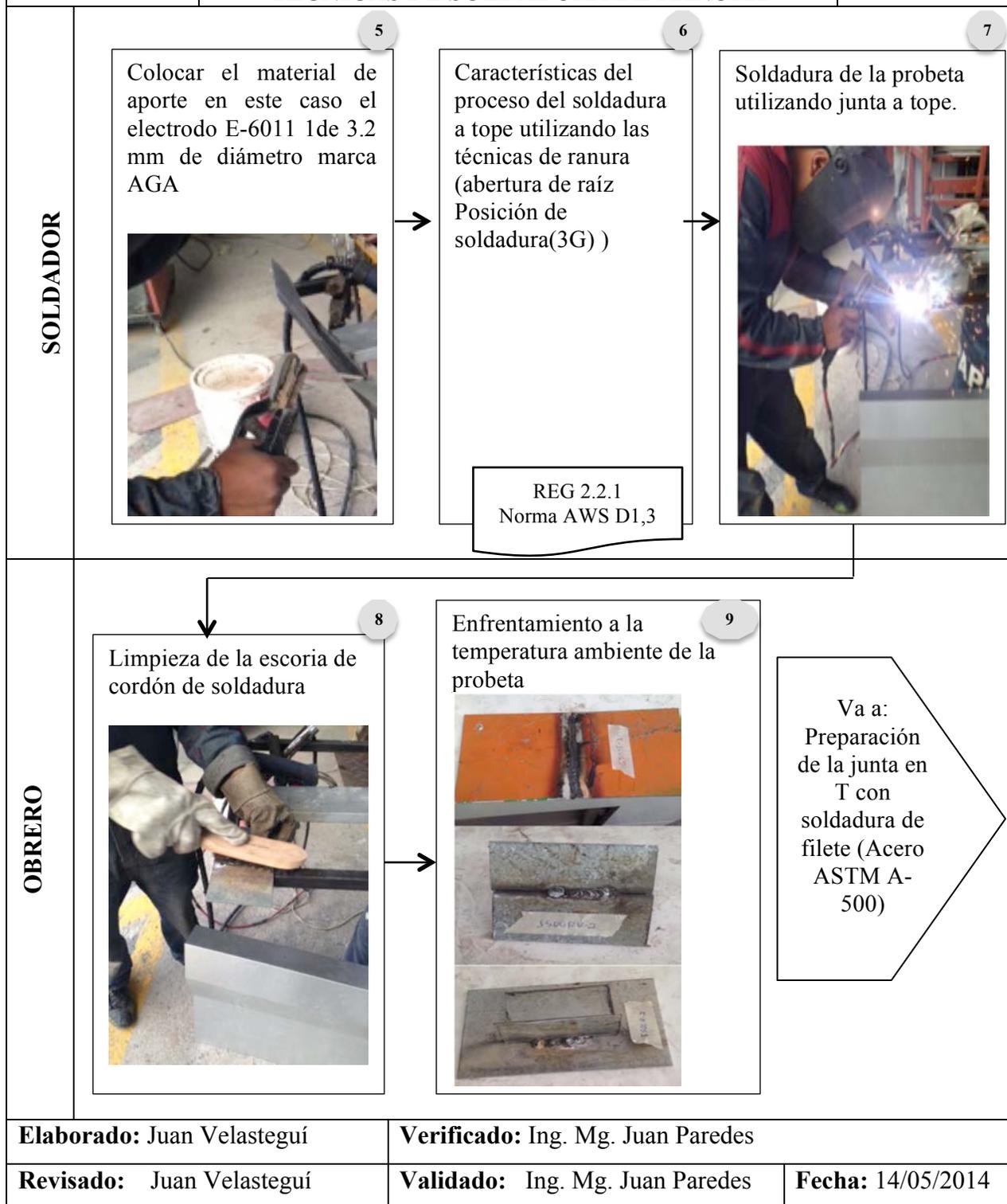


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

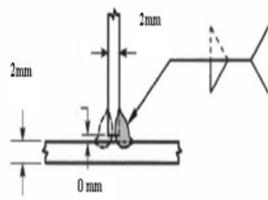


**PREPARACIÓN JUNTA A TOPE CON LAS
TÉCNICAS DE SOLDADURA DE RANURA**

PROC: 03/JT



6.7.5 Preparación de la junta y técnica de soldadura (junta en T acero ASTM A-500)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	PREPARACIÓN JUNTA EN T CON TÉCNICA DE SOLDADURA DE FILETE	PROC: 03/FL
OBJETIVO: Elaborar el proceso para preparar la junta soldada utilizando la tecnica de soldadura apropiada con los parámetros de soldeo requeridos (proceso SMAW)		ALCANCE: Este tipo de procedimiento sirve para la fabricación de estructura de buses con espesores de 2mm
OBRERO	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> Preparación de la junta en T con soldadura de filete (Acero ASTM A-500) </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>1</p> <p>Eliminación de residuos y óxido del metal cortado.</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>2</p> <p>Organizar los diferentes equipos y materiales en su respectivo lugar que se utilizaran en el proceso de soldadura.</p>  </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>REG 2.1.3 Informe Técnico</p> </div>	
SOLDADOR	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>3</p> <p>Dimensionamiento de las probetas de acero ASTM A-500 que van hacer soldadas</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>4</p> <p>Especificaciones requeridos del tipo de junta antes de ser soldada</p>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>5</p> <p>Parámetros de la soldadura (intensidad, posición de electrodo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad (90-140 Amperios) -Velocidad de avance (120-160mm/min) -Tensión de trabajo (25-27 Voltios) </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1,3 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1,3 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> REG 2.2.2 WPS 0.08 </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes Fecha: 14/05/2014



6.7.6 Ensayo de doblez guiado

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO	PROC: 04/DG
OBJETIVO: Determinar si la junta soldada resiste o no el doblado		ALCANCE: Este proceso sirve para realizar el ensayo de doblez guiado de las probetas de acero ASTM A 36 y A-500
OBRERO	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Ensayo de doblez guiado</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>1</p> <p>Preparación de las probetas de acero ASTM A36, A-500</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2</p> <p>Dimensionamiento y trazado de las probetas a ser ensayadas</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1.3 </div> </div> </div>	
SOLDADOR	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>3</p> <p>Corte de las diferentes probetas que vamos a ensayar</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>4</p> <p>Soldadura de las probetas con los diferentes tipos de juntas</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> REG 2.2.1 Norma AWS D1.3 </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>5</p> <p>Probetas listas para ensayo de doblez</p>  </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes Fecha: 14/05/2014



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



ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

PROC: 04/DG

AYUDANTE DE LABORATORIO

Preparación de los equipos y materiales para el ensayo de doblar 6



REG 2.2.1
Norma AWS D1,3

Doblado de las probetas de acuerdo tipo de junta y a la técnica de soldadura 7

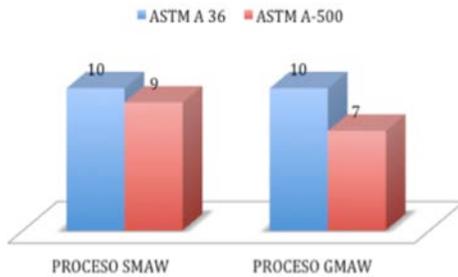


REG 2.2.1
Norma AWS D1,3

JUAN VELASTEGUI

Evaluación de los resultados obtenidos 8

**COMPARACIÓN GENERAL DEL PROCESO
SMAW Y GMAW**



Va a:
Ensayo de
Tracción

Elaborado: Juan Velasteguí

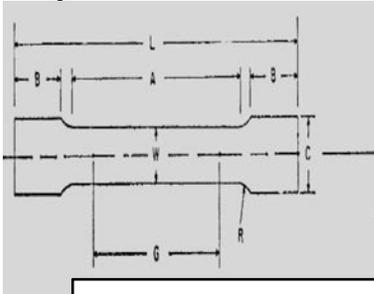
Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes

Revisado: Juan Velasteguí

Validado: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: 14/05/2014

6.7.7 Ensayo de Tracción

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	ENSAYO DE TRACCIÓN	PROC: 04/TR
OBJETIVO: Determinar si la junta soldada resiste o no el doblado		ALCANCE: Este proceso sirve para realizar el ensayo de doblado guiado de las probetas de acero ASTM A 36 y A-500
JUAN VELASTEGUI	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">Ensayo de tracción</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">Preparación de probetas de acero ASTM A36 Y A-500</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">Dimensionamiento de las probetas que vamos a ensayar</p>  <p style="text-align: center;">REG 2.4.2 Norma ASTM E-8</p> </div> </div>	
OBRERO	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">Maquinado de probetas a ensayar en este caso probetas planas</p>  <p style="text-align: center;">REG 2.4.2 Norma ASTM E-8</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">Pulido de la superficie de la probeta ya maquinada utilizando una lima</p>  </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes
		Fecha: 14/05/2014



AYUDANTE DE LABORATORIO

5
Preparación de la maquina universal, las probetas maquinadas y el computador donde se presentaran los resultados del ensayo.



6
Colocar las probetas en las mordazas de la maquina universal

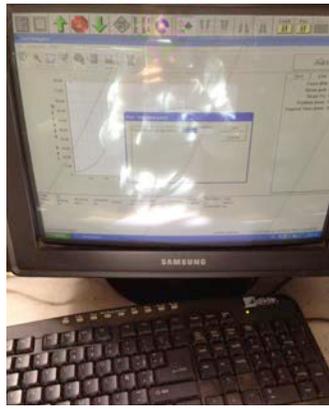


7
Aplicamos la carga a probeta



JUAN VELASTEGUI

8
Obtención de resultados y gráficos del ensayo de tracción por medio del software



9
Evaluación de resultados del ensayo de tracción



Ensayo
Metalográfico

Elaborado: Juan Velasteguí

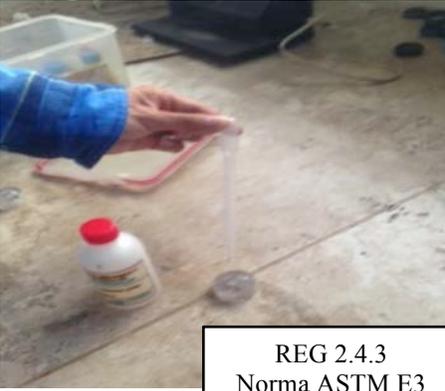
Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes

Revisado: Juan Velasteguí

Validado: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: 14/05/2014

6.7.8 Ensayo Metalográfico

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	ENSAYO METALOGRAFICO	PROC: 04/EM
OBJETIVO: Realizar el ensayo metalográfico y apreciar la microestructura del metal base, ZAT y pozo de soldadura		ALCANCE: Este proceso sirve para realizar el ensayo metalográfico de las probetas de acero ASTM A 36 y A-500
JUAN VELASTEGUI	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> Ensayo Metalográfico </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 1 Preparación de muestras de acero  REG 2.4.3 Norma ASTM E3 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 2 Montaje de los probetas en caliente en la máquina de montaje de probetas  REG 2.4.3 Norma ASTM E3 </div> </div>	
JUAN VELASTEGUI	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 3 Preparación de la superficie de la probeta - Banco de las lijas - Pulidora de discos con paños utilizando alúmina  REG 2.4.3 Norma ASTM E3 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 4 Ataque químico de la superficie de la probeta - Nitel 4 - 6 segundos  REG 2.4.3 Norma ASTM E3 </div> </div>	
Elaborado: Juan Velasteguí		Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado: Juan Velasteguí		Validado: Ing. Mg. Juan Paredes Fecha: 14/05/2014



JUAN VELASTEGUI

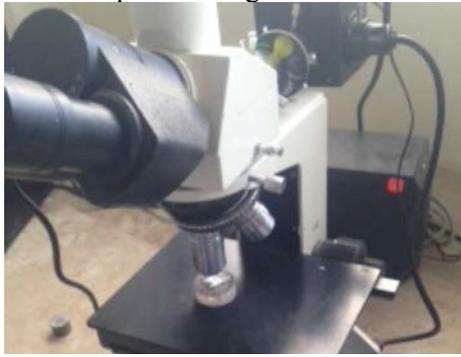
5 Limpieza de la probeta utilizando agua para evitar que se quemé con el reactivo



6 Secado de la probetas para observar la microestructura nítidamente



7 Observar la microestructura de los probetas con la ayuda del microscopio metalográfico



8 Toma las fotografías de la microestructura que se aprecia en el monitor



Elaborado: Juan Velasteguí

Verificado: Ing. Mg. Juan Paredes

Revisado: Juan Velasteguí

Validado: Ing. Mg. Juan Paredes

Fecha: 14/05/2014

6.8 Administración

En la tabla 6.1 se presenta el total de los recursos utilizados para la realización de esta investigación

Tabla 6.1 Análisis Económico del proyecto de investigación

N°	DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	PRECIO
				UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Plancha Acero ASTM A 36	1	u	60	60
2	Acero Estructural ASTM A-500	1	u	100	100
3	Rollo de alambre ER70S-6	1	u	110	110
4	Funda de electrodos E-6011	2	u	20	40
6	Soldadura de probetas de acero ASTM A 36 (Proceso SMAW)	12	u	10	120
7	Soldadura de probetas de acero ASTM A 36 (Proceso GMAW)	12	u	10	120
8	Soldadura de probetas de acero ASTM A-500 (Proceso GMAW)	12	u	10	120
10	Soldadura de probetas de acero ASTM A-500 (Proceso SMAW)	12	u	10	120
11	Maquinado de probetas para el ensayo de tracción	12	u	10	120
12	Ensayo de Tracción	12	u	8	96
13	Ensayo de doblez guiado	48	u	8	384
14	Impresiones y anillados	3	u	50	150
15	Gastos Varios				100
COSTO TOTAL					1640

6.9. Previsión de la evaluación

Una vez finalizado el trabajo de investigación se ha llegado a determinar que el acero ASTM A 36 soldado con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso de soldadura GMAW) es el que presenta mejores propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura del bus así como también el acero ASTM A-500 soldado con electrodo E-6011 presenta mejores propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la carrocería.

Los estudios para esta investigación se realizó en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional así como también en el laboratorio de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Este trabajo de investigación es un aporte muy importante dentro del área de materiales así como tambien en el sector carrocerero ya que se determina cual es el mejor proceso de soldadura según el material utilizado en la fabricación del bus obteniendo de esta manera una mejor calidad y seguridad en la estructura del bus.

6.10. Bibliografía

- [1] William, C. (2003). *introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. reverte.
- [2] Rodríguez, P. *manual de soldadura eléctrica*. (b. v. alsima, ed.)
- [3] Pastor, M. *introducción a la metalurgia de la soldadura*. Riobamba: ESA.
- [4] Horwittz, H. (2002). *soldadura: aplicaciones y práctica* (primera ed.). (alfaomega, Ed.)
- [5] Maya, G. (2010). *Curso de capacitación en soldadura segunda edición capitulo 2*.
- [6] Pastor, M. *Curso-taller de inspección de soldadura en estructura de buses Escuela Superior Politécnica de chimborazo*.
- [7] Eyralde, M. (2011). *Organización: inspección especializada de mecánica general junto al coordinador técnico de soldadura*.
- [8] Hernández, G. (2005). *www.scribd.com*.
- [9] Aular, P. L. (2009). *Manual de soldadura autor: disponible en <http://www.slideshare.net/>*.
- [10] Cruz, (2010). *<http://www.slideshare.net/>*.
- [11] Manual soldadura. (2011).
- [12] Manual soldadura. (2012). *www.ahmsa.com*.
- [13] Askeland, D. (2010). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición. Tompson Editores*. (6 ed.).
- [14]lopez, I. R. (s.f.). *www.scribd.com*.

ANEXOS

ANEXO A.1

ELECTRODO CELULOSICO

C - 13

Norma:

AWS	E 6011
-----	--------

Color de Revestimiento: Blanco Identificación: Punta Azul

Análisis del Metal Depositado:

C	0.08-0.12%	Mn	0.4-0.6%	Si	0.25%
---	------------	----	----------	----	-------

*Valores típicos

Características:

Electrodo del tipo celulósico, para soldaduras de penetración. El arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación con corriente continua y alterna. Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

Aprobación:

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

Propiedades Mecánicas:

Resistencia a la Tracción	Elongación	Resistencia al Impacto
48-51 kg / mm ²	24-26%	CHARPY - V
68.000		Joules
a		55 - 75
72.000 lbs./pulg ²		(-29°C)

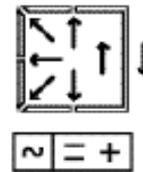
*Valores típicos

Posiciones de Soldar:

Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente

Corriente y polaridad:

Para corriente alterna o continua Electrodo al polo positivo		
ømm	øPulg.	Amperaje
2.50	3/32	70- 90
3.20	1/8	90-120
4.00	5/32	120-150
5.00	3/16	150-180



Aplicaciones:

- Soldadura para aceros no templables (aceros dulces).
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Chapas gruesas y delgadas

LARGO: 350 mm.

PESO POR CAJA: 20 kg/44 lbs.

ANEXO A.2

ALAMBRE MIG PARA ACERO DE BAJO CARBONO

ER 70 S - 6

Norma:	AWS	ER 70 S - 6
--------	-----	-------------

Análisis del Metal Depositado:	C	0.1%	Si	0.90%	Mn	1.50%
--------------------------------	---	------	----	-------	----	-------

Descripción: Alambre continuo cobrizado de acero micro-aleado en presentación capa a capa.

Proceso:	MIG/MAG (G.M.A.W.)	GAS DE PROTECCION	
		CO ₂	AGA MIX 20

RESISTENCIA A LA TRACCION	ELONGACION
58 - 63 kg./mm ² (80.000 psi)	Lo = 5d 27.3%

Aplicación: Para soldar acero dulce en toda posición, mediante proceso MIG/MAG usando anhídrido carbónico (CO₂) o mezcla AGAMIX 20. Utilización en estructuras en general, maquinarias, bastidores de autos, puentes, muelles, torres, etc.

DATOS PARA SOLDAR:

PROCESO MAG (GMAW)	Ø		AMPERAJE	VOLT.	FLUJO GAS lt/min	VELOCIDAD ALIMEN. ALAM cmt/min.
	mm.	Pulg.				
CORTO CIRCUITO	0.8	0.030	90-110	15-21	8-15	500-860
	0.9	0.035	90-110	16-22		400-760
	1.0	0.040	100-120	17-22		310-630
	1.2	0.045	100-130	17-22		250-560
SPRAY	0.8	0.030	140-280	24-28	10-20	990-1700
	0.9	0.035	165-300	24-28		910-1320
	1.0	0.040	80-410	24-30		700-1200
	1.2	0.045	200-450	24-30		530- 990

Estos son datos para equipos convencionales. Para otro tipo de equipos consultar a Escuelas de Soldadura de AGA. Corto circuito se utiliza normal por materiales de espesor menor a 4.0 mm. y para soldadura de raíz y en posiciones difíciles. Para soldaduras en posición vertical y sobrecabeza, reducir el amperaje un 10 a 15%

NOTA: Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas al momento de soldar.

IMPORTANTE: Protéjase de la humedad.

PESO POR ROLLO: 20 kg/44 lbs.

ANEXO A.3

Informe Técnico Escuela Politécnica Nacional (Ensayos de doblado guiado y Tracción)

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES	
INFORME TÉCNICO LAEV – NOV.20		
Quito, 08 de noviembre de 2013		
TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Juan Velastegui Zurita		
ORDEN DE TRABAJO N° 00001307(A)		
Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en juntas soldadas pertenecientes al Sr. Juan Velastegui Zurita para calificación de procedimientos de soldadura. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.		
RESULTADOS		
1. MUESTRA: Doce (12) juntas soldadas para ensayo de doblado bajo norma AWS D1.3. y doce (12) juntas soldadas para ensayo de tracción.		
2. ENSAYO DE DOBLADO BAJO NORMA AWS D1.3*		
Procedimiento de soldadura:	CJ-WPS-G36T	
Proceso de soldadura:	GMAW	
Material Base:	ASTM A36	
Espesor del material base:	2 mm	
Tipo de junta:	A tope escuadrada	
Soldadura:	De ranura	
Posición de soldadura:	3F	
Material de aporte:	Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO ₂	
*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.		
		
LAEV-EPN Orden N°: 00001307(A)		

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
G36T-2	Se observa falta de penetración y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura.	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba
G36T-3	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S36T

Proceso de soldadura: SMAW

Material Base: ASTM A36

Espesor del material base: 2 mm

Tipo de junta: A tope escuadrada

Soldadura: De ranura

Posición de soldadura: 3G

Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S36T-2	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S36T-3	Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba



LAEV-EPN
Orden N°: 00001307(A)



Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S500T
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope escuadrada
Soldadura: De ranura
Posición de soldadura: 3G
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Doblado	Calificación
S500T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S500T-2	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
S500T-3	Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	Se observan fisuras en el cordón de soldadura	No aprueba

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G500T
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope escuadrada
Soldadura: De ranura
Posición de soldadura: 3G
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.



LAEV-EPN
 Orden Nº: 00001307(A)



ENSAYO DE DOBLADO			
Id	Observaciones previas al doblado	Doblado	Calificación
G500T-1	La soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras. El refuerzo mínimo de 1mm.	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	Aprueba
G500T-2	Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	No aprueba
G500T-3	Se observa falta de fusión y no cumple con el refuerzo mínimo del cordón de soldadura	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura	No aprueba

3. ENSAYO DE TRACCIÓN

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima soportada		Resistencia a la tracción		Obs.*	% elongación en 25 mm
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa		
S36T-1	6,41	2,04	1.247	5.547	61,4	424	FMB	21,3
S36T-2	6,84	1,99	1.299	5.778	61,4	425	FMB	18,1
S36T-3	6,27	1,89	1.159	5.155	63,0	435	FMB	12,8
G36T-1	6,99	1,91	1.342	5.970	64,7	447	FMB	23,4
G36T-2	6,95	1,92	1.322	5.881	63,8	441	FMB	23,2
G36T-3	6,65	1,97	1.270	5.649	62,4	431	FMB	8,4
S500T-1	6,39	1,94	945	4.204	49,1	339	FMB	26,6
S500T-2	6,22	1,93	837	3.723	44,9	310	FJS	10,0
S500T-3	7,00	1,96	1.167	5.191	54,8	378	FMB	21,4
G500T-1	7,03	1,82	1.038	4.617	52,2	361	FMB	20,9
G500T-2	6,72	1,92	965	4.293	48,2	333	FMB	21,6
G500T-3	6,37	1,93	901	4.008	47,2	326	FJS	12,2

* FMB: Falla en el material base
FJS: Falla en la junta soldada


 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
LAEV
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 Victor Hugo Guerrero, Ph.D.
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



INFORME TÉCNICO

LAEV – NOV.21

Quito, 08 de noviembre de 2013

TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Juan Velastegui Zurita

ORDEN DE TRABAJO N° 00001307(B)

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en juntas soldadas pertenecientes al Sr. Juan Velastegui Zurita para calificación de procedimientos de soldadura. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Doce (12) juntas soldadas para ensayo de doblado bajo norma AWS D1.3.

2. **ENSAYO DE DOBLADO BAJO NORMA AWS D1.3**

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G36R
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A36
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope, esquina
Soldadura: De ranura por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,3 mm.	Aprueba
G36R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,2 mm.	Aprueba
G36R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,5 mm.	Aprueba



LAEV-EPN
Orden N°: 00001307(B)



Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S36R
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A36
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope, esquina
Soldadura: De ranura por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36R-1	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 1,6 mm.	No aprueba
S36R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm.	Aprueba
S36R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,4 mm.	Aprueba

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G500R
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope, esquina
Soldadura: De ranura por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G500R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
G500R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,9 mm.	Aprueba
G500R-3	Se observa que el cordón de soldadura no es uniforme. No se observan fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en el cordón de soldadura.	No aprueba



LAEV-EPN
 Orden N°: 00001307(B)



Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S500R
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope, esquina
Soldadura: De ranura por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S500R-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 4,2 mm.	Aprueba
S500R-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
S500R-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,3 mm.	Aprueba




 Víctor Hugo Guerrero, Ph.D.
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



INFORME TÉCNICO

LAEV – NOV.22

Quito, 08 de noviembre de 2013

TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Juan Velasteguí Zurita

ORDEN DE TRABAJO N° 00001307(C)

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en juntas soldadas pertenecientes al Sr. Juan Velastegui Zurita para calificación de procedimiento de soldadura. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Doce (12) juntas soldadas para ensayo de doblado bajo norma AWS D1.3.

2. ENSAYO DE DOBLADO BAJO NORMA AWS D1.3

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G36RV
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A36
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope
Soldadura: De ranura en v por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G36RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm.	Aprueba
G36RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm.	Aprueba
G36RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm.	Aprueba



LAEV-EPN
Orden N°: 00001307(C)



Página 1 de 3
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S36RV
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A36
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope
Soldadura: De ranura en v por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S36RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm.	Aprueba
S36RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm.	Aprueba
S36RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm.	Aprueba

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G500RV
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope
Soldadura: De ranura en v por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id.	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
G500RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba
G500RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba
G500RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 2,8 mm.	Aprueba



LAEV-EPN
Orden N°: 00001307(C)



Página 2 de 3

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S500RV
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: A tope
Soldadura: De ranura en v por doblez
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011
 *De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO			
Id	Observaciones previas al doblado	Observaciones	Calificación
S500RV-1	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,1 mm.	Aprueba
S500RV-2	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba
S500RV-3	Se observa que el cordón de soldadura es uniforme, libre de fisuras y mordeduras.	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm.	Aprueba



 Víctor Hugo Guerrero, Ph.D.
**JEFE DEL LABORATORIO DE
 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES**



INFORME TÉCNICO

LAEV – NOV.23

Quito, 08 de noviembre de 2013

TRABAJO SOLICITADO POR: Sr. Juan Velastegui Zurita

ORDEN DE TRABAJO N° 00001307(D)

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en juntas soldadas pertenecientes al Sr. Juan Velastegui Zurita para calificación de procedimiento de soldadura. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Doce (12) juntas soldadas para ensayo de doblado bajo norma AWS D1.3.
2. **ENSAYO DE DOBLADO BAJO NORMA AWS D1.3**

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G36F
 Proceso de soldadura: GMAW
 Material Base: ASTM A36
 Espesor del material base: 2 mm
 Tipo de junta: En T
 Soldadura: De filete
 Posición de soldadura: 3F
 Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO2

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO		
Id.	Observaciones	Calificación
G36F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G36F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G36F-3	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba



LAEV-EPN
 Orden N°: 00001307(D)



Página 1 de 3
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S36F
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A36
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: En T
Soldadura: De filete
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO		
Id.	Observaciones	Calificación
S36F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S36F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S36F-3	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba

Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-S500F
Proceso de soldadura: SMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: En T
Soldadura: De filete
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Electrodo E-6011

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

ENSAYO DE DOBLADO		
Id.	Observaciones	Calificación
S500F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S500F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
S500F-3	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba



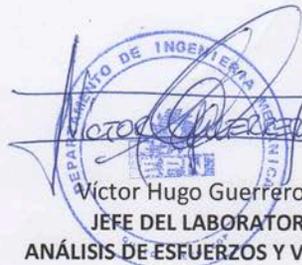
LAEV-EPN
 Orden N°: 00001307(D)



Procedimiento de soldadura: CJ-WPS-G500F
Proceso de soldadura: GMAW
Material Base: ASTM A500
Espesor del material base: 2 mm
Tipo de junta: En T
Soldadura: De filete
Posición de soldadura: 3F
Material de aporte: Alambre ER70S-6 con gas de aporte CO₂

*De acuerdo a la información entregada por el solicitante.

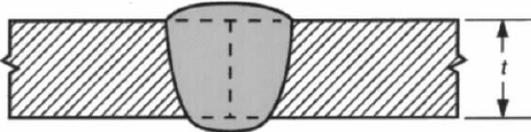
ENSAYO DE DOBLADO		
Id	Observaciones	Calificación
G500F-1	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G500F-2	La falla se produjo en el material base y no en el cordón de soldadura. Se observa fusión completa de la raíz del cordón.	Aprueba
G500F-3	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón de soldadura.	No aprueba




 Víctor Hugo Guerrero, Ph.D.
 JEFE DEL LABORATORIO DE
 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

ANEXO A.4

WPS Especificación del procedimiento de soldadura (ASTM A 36 Proceso GMAW)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) WPS N° 001									
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008			WPS No.: 001 PQR de Soporte No.: 001 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui						
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA						
Tipo de junta:	ATOPEESCUADRADA		Posición de Soldadura:	3G					
Abertura raíz (e):	1,2mm (+/- 0,2)								
Talón (c):	N/A		Progresión:	Descendente					
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	SÍ:	No: X	Técnica:	Un pase					
Cordón de respaldo:	SÍ:	No: X							
Preparar bisel:	SÍ:	No: X							
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO						
Especificación:	ASTM A 36		Temperatura:	N/A					
Espesor (t):	2,0 mm		Temperatura entre pases:	N/A					
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA						
Proceso:	GMAW		Soldadura de:	RANURA					
Especificación (SFA) No.	5.18		Proceso de soldadura:	GMAW					
Diámetro:	0,9 mm.		Tipo de Soldadura:	Semiautomática					
Denominación AWS:	ER70S-6		Cordón de respaldo:	Sí: No: x					
Marca:	WIRE		Pase múltiples o simples (por lado)	simple					
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0		Electrodos Múltiples o únicos	Único					
			Cordón Recto u Oscilante	recto					
			Limpieza: cepillo metálico						
			Primer pase	N/A					
GAS DE PROTECCIÓN			Pases siguientes:	N/A					
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 12~20tt/min		Pase de respaldo:	N/A					
NOTAS									
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 									
DETALLE DE LA JUNTA									
									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	ER70S-6	0,9	DC+	90-140	25-27	300-350	Descendente		X



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



ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato		WPS No.: 002							
Según Norma: AWS D1.3/2008		PQR de Soporte No.: 001							
		Fecha: 12/05/2014							
		Realizado por: Juan Velastegui							
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA							
Tipo de junta:	ATOPEESQUINA	Posición de Soldadura:	3F						
Abertura raíz (e):	N/A								
Talón (c):	N/A	Progresión:	Descendente						
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	Sí: No: X	Técnica:	Un pase						
Cordón de respaldo:	Sí: No: X								
Preparar bisel:	Sí: No: X								
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO							
Especificación:	ASTM A 36	Temperatura:	N/A						
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A						
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA							
Proceso:	GMAW	Soldadura de:	RANURA POR DOBLEZ						
		Proceso de soldadura:	GMAW						
Especificación (SFA) No.	5.18	Tipo de Soldadura:	Semiautomática						
Diámetro:	0,9 mm.	Cordón de respaldo:	Sí: No: x						
Denominación AWS:	ER70S-6	Pase múltiples o simples (por lado)	simple						
Marca:	WIRE	Electrodos Múltiples o únicos	Único						
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Cordón Recto u Oscilante	recto						
		Limpieza: cepillo metálico							
		Primer pase	N/A						
GAS DE PROTECCIÓN		Pases siguientes:	N/A						
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 12~20tt/min	Pase de respaldo:	N/A						
NOTAS									
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 									
DETALLE DE LA JUNTA									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	ER70S-6	0,9	DC+	90-140	25-27	300-350	Descendente		X



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



ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008		WPS No.: 003 PQR de Soporte No.: 001 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui							
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA							
Tipo de junta:	ATOPE	Posición de Soldadura:	3F						
Abertura raíz (e):	N/A								
Talón (c):	N/A	Progresión:	Descendente						
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	Sí: No: X	Técnica:	Un pase						
Cordón de respaldo:	Sí: No: X								
Preparar bisel:	Sí: No: X								
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO							
Especificación:	ASTM A 36	Temperatura:	N/A						
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A						
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA							
Proceso:	GMAW	Soldadura de:	RANURA EN V POR DOBLEZ						
Especificación (SFA) No.	5.18	Proceso de soldadura:	GMAW						
Diámetro:	0,9 mm.	Tipo de Soldadura:	Semiautomática						
Denominación AWS:	ER70S-6	Cordón de respaldo:	Sí: No: x						
Marca:	WIRE	Pase múltiples o simples (por lado)	simple						
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Electrodos Múltiples o únicos	Único						
		Cordón Recto u Oscilante	recto						
		Limpieza: cepillo metálico							
		Primer pase	N/A						
GAS DE PROTECCIÓN		Pases siguientes:	N/A						
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 12~20tt/min	Pase de respaldo:	N/A						
NOTAS									
• Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta.									
DETALLE DE LA JUNTA									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	ER70S-6	0,9	DC+	90-140	25-27	300-350	Descendente		X

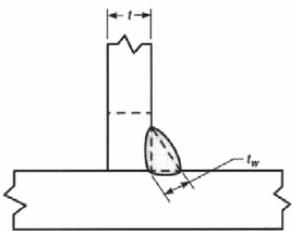


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



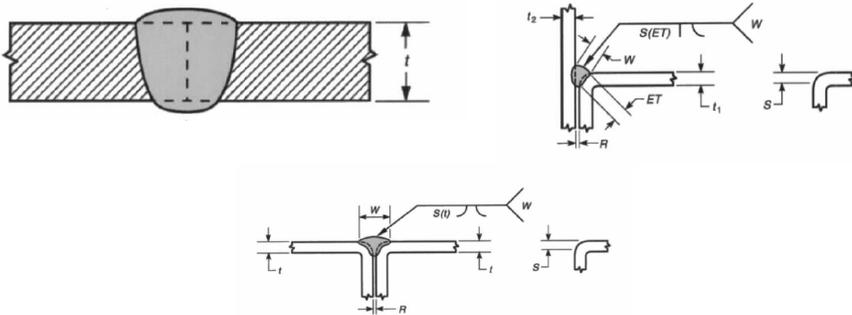
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato		WPS No.: 004							
Según Norma: AWS D1.3/2008		PQR de Soporte No.: 002							
		Fecha: 12/05/2014							
		Realizado por: Juan Velastegui							
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA							
Tipo de junta:	ENT	Posición de Soldadura:	3F						
Abertura raíz (e):	N/A								
Talón (c):	N/A	Progresión:	Descendente						
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	Sí: No: X	Técnica:	Un pase						
Cordón de respaldo:	Sí: No: X								
Preparar bisel:	Sí: No: X								
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO							
Especificación:	ASTM A 36	Temperatura:	N/A						
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A						
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA							
Proceso:	GMAW	Soldadura de:	FILETE						
		Proceso de soldadura:	GMAW						
Especificación (SFA) No.	5.18	Tipo de Soldadura:	Semiautomática						
Diámetro:	0,9 mm.	Cordón de respaldo:	Sí: No: x						
Denominación AWS:	ER70S-6	Pase múltiples o simples (por lado)	simple						
Marca:	WIRE	Electrodos Múltiples o únicos	Único						
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Cordón Recto u Oscilante	recto						
		Limpieza: cepillo metálico							
		Primer pase	N/A						
GAS DE PROTECCIÓN		Pases siguientes:							
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 12~20tt/min	Pase de respaldo:							
		N/A							
NOTAS									
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 									
DETALLE DE LA JUNTA									
									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	ER70S-6	0,9	DC+	90-140	25-27	300-350	Descendente		X

ANEXO A.5

Registro de calificación de procedimiento (PQR) (Acero ASTM A 36 proceso GMAW)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REGISTRÓ DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) PQR N° 001					
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3 / 2008			PQR No.: 001 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:	ATOPE		Posición de Soldadura:	3G	
Abertura raíz (e):	1,2mm (+/- 0,2)				
Talón (c):	N/A		Progresión:	descendente	
Angulo de ranura (β):	N/A				
Placa de respaldo:	sí: No: X		Técnica:	Un pase	
Cordón de respaldo:	sí: No: X				
Preparar bisel:	sí: No: X				
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:	ASTM A 36		Temperatura:	N/A	
Espesor (t):	2,0 mm		Temperatura entre pases:	N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso:	GMAW		Soldadura de:	RANURA	
Especificación (SFA) No.:	5.18		Proceso de soldadura:	GMAW	
Diámetro:	0,9 mm.		Tipo de Soldadura:	Semiautomática	
Denominación AWS:	ER70S-6		Cordón de respaldo:	Sí: No: x	
Marca:	WIRE		Pase múltiples o simples (por lado):	simple	
Velocidad de alimentación (m/min):	6,0		Electrodos Múltiples o únicos:	Único	
			Cordón Recto u Oscilante:	Cordón Recto u Oscilante	
			Limpieza: cepillo metálico		
			Primer pase	N/A	
GAS DE PROTECCIÓN			Pases siguientes:		
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 20~25tt/min		Pases siguientes:		
			Pase de respaldo:		
			N/A		
DETALLE DE LA JUNTA					
					

PARÁMETROS DE SOLDADURA					
Pase No:	RAÍZ				
Proceso:	GMAW				
Material de Aporte:	ER70S-6				
Diámetro:	0,9				
Velocidad de Alimentación (m/min)	6,0				
Velocidad de Soldadura(mm/min)	300-350				
Voltaje:	25-27				
Amperaje:	90-140				
Dirección:	DESCENDENTE				
Tipo de corriente y polaridad:	DC ⁺				
Código de soldadura:	WPS 001,002,003				
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REGISTRÓ DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)					
PQR N° 001					
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS DI.3/ 2008			PQR No.: 001 Fecha: 15/05/2014 Realizado por: Juan Velasteguí		
ENSAYOS DESTRUCTIVOS					
RESULTADOS DE TRACCIÓN (PROBETAS PLANAS)					
IDENT.	APROBADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		% ELONGACIÓN	OBSERVACIONES
G36TR-1	SI	447 MPa	64,7 KSI	23,4	Rotura en el Metal Base
G36TR-2	SI	441 MPa	63,8 KSI	23,2	Rotura en el Metal Base
G36TR-3	SI	431 MPa	62,4 KSI	8,4	Rotura en el Metal Base
Ensayo de Tracción:		Califica: SI		Descalifica	
RESULTADOS DE ENSAYO DE DOBLADO					
IDENT.	APROBADO	OBSERVACIONES			
G36T-1	SI	Se observa una discontinuidad en el cordón de soldadura			
G36T-2	NO	Se observa fisuras en el cordón de soldadura			
G36T-3	NO	Se observa fisuras en el cordón de soldadura			
G36R-1	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,3 mm			
G36R-2	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,2 mm			
G36R-3	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,5 mm			
G36RV-1	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,6 mm			
G36RV-2	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,8 mm			
G36RV-3	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,9 mm			
Ensayo de dobléz:		Califica: SI		Descalifica: NO	
LIMITACIONES DE CALIFICACIÓN:					
El procedimiento de soldadura queda habilitado para soldadura de ranura en placas de posición vertical					
El proceso de soldadura utilizado es GMAW					
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con ASTM A 36					
Límite de calificación en material de aporte: ER70S-6					



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



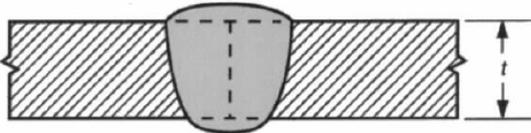
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)
PQR N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3 / 2008		PQR No.: 002 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui	
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA	
Tipo de junta:	ENT	Posición de Soldadura:	3F
Abertura raíz (e):	N/A		
Talón (c):	N/A	Progresión:	descendente
Angulo de ranura (β):	N/A		
Placa de respaldo:	sí: No: X	Técnica:	Un pase
Cordón de respaldo:	sí: No: X		
Preparar bisel:	sí: No: X		
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación:	ASTM A 36	Temperatura:	N/A
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA	
Proceso:	GMAW	Soldadura de:	FILETE
		Proceso de soldadura:	GMAW
Especificación (SFA) No.:	5.18	Tipo de Soldadura:	Semiautomática
Diámetro:	0,9 mm.	Cordón de respaldo:	Sí: No: x
Denominación AWS:	ER70S-6	Pase múltiples o simples (por lado)	simple
Marca:	WIRE	Electrodos Múltiples o únicos	Único
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Cordón Recto u Oscilante	Cordón Recto u Oscilante
		Limpieza: cepillo metálico	
		Primer pase	N/A
GAS DE PROTECCIÓN		Pases siguientes: Pases siguientes:	
Tipo: Caudal:	CO2 (100%) 20~25tt/min	Pase de respaldo:	N/A
DETALLE DE LA JUNTA			
PARÁMETROS DE SOLDADURA			
Pase No.:	RAÍZ		
Proceso:	GMAW		
Material de Aporte:	ER70S-6		

Diámetro:	0,9	
Velocidad de Alimentación (m/min)	6,0	
Velocidad de Soldadura(mm/min)	300-350	
Voltaje:	25-27	
Amperaje:	90-140	
Dirección:	DESCENDENTE	
Tipo de corriente y polaridad:	DC ⁺	
Código de soldadura:	WPS 004	
	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
REGISTRÓ DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) PQR N° 001		
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS DI.3/ 2008	PQR No.: 002 Fecha: 15/05/2014 Realizado por: Juan Velasteguí	
ENSAYOS DESTRUCTIVOS		
RESULTADOS DE ENSAYO DE DOBLADO		
IDENT.	APROBADO	OBSERVACIONES
G36F-1	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
G36F-2	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
G36F-3	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
Ensayo de doblé:	Califica: SI	Descalifica: NO
LIMITACIONES DE CALIFICACIÓN:		
El procedimiento de soldadura queda habilitado para soldadura de ranura en placas de posición vertical		
El proceso de soldadura utilizado es GMAW		
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con ASTM A 36		
Límite de calificación en material de aporte: ER70S-6		

ANEXO A.6

WPS Especificación del procedimiento de soldadura (ASTM A-500 Proceso SMAW)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)									
WPS N° 001									
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008			WPS No.: 005 PQR de Soporte No.: 003 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui						
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA						
Tipo de junta:	ATOPEESCUADRADA		Posición de Soldadura:	3G					
Abertura raíz (e):	1,2mm (+/- 0,2)								
Talón (c):	N/A		Progresión:	Descendente					
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	SÍ:	No: X	Técnica:	Un pase					
Cordón de respaldo:	SÍ:	No: X							
Preparar bisel:	SÍ:	No: X							
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO						
Especificación:	ASTM A-500		Temperatura:	N/A					
Espesor (t):	2,0 mm		Temperatura entre pases:	N/A					
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA						
Proceso:	SMAW		Soldadura de:	RANURA					
Especificación (SFA) No.	N/A		Proceso de soldadura:	SMAW					
Diámetro:	3,2 mm.		Tipo de Soldadura:	Semiautomática					
Denominación AWS:	E-6011		Cordón de respaldo:	SÍ:	No: x				
Marca:	AGA		Pase múltiples o simples (por lado):	simple					
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0		Electrodos Múltiples o únicos	Único					
Gas protección	N/A		Cordón Recto u Oscilante	recto					
Caudal	N/A		Limpieza: cepillo metálico						
			Primer pase	N/A					
			Pases siguientes:	N/A					
			Pase de respaldo:	N/A					
NOTAS									
• Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta.									
DETALLE DE LA JUNTA									
									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	E-6011	3,2	DC+	90-140	25-27	120-160	Descendente		X



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



ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008	WPS No.: 006 PQR de Soporte No.: 003 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui
--	--

JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA	
Tipo de junta:	ATOPEESQUINA	Posición de Soldadura:	3F
Abertura raíz (e):	N/A	Progresión:	Descendente
Talón (c):	N/A		
Angulo de ranura (β):	N/A		
Placa de respaldo:	sí: No: X	Técnica:	Un pase
Cordón de respaldo:	sí: No: X		
Preparar bisel:	sí: No: X		

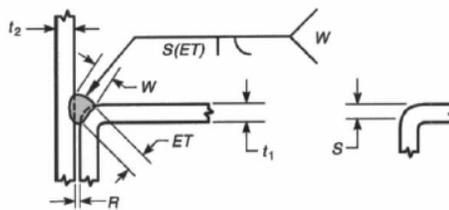
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación:	ASTM A-500	Temperatura:	N/A
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A

METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA	
Proceso:	SMAW	Soldadura de:	RANURA POR DOBLEZ
Especificación (SFA) No.	N/A	Proceso de soldadura:	SMAW
Diámetro:	3,2 mm.	Tipo de Soldadura:	Semiautomática
Denominación AWS:	E-6011	Cordón de respaldo:	Sí: No: x
Marca:	AGA	Pase múltiples o simples (por lado)	simple
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Electrodos Múltiples o únicos	Único
Gas protección	N/A	Cordón Recto u Oscilante	recto
Caudal	N/A	Limpieza: cepillo metálico	
		Primer pase	N/A
		Pases siguientes:	N/A
		Pase de respaldo:	N/A

NOTAS

- Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta.

DETALLE DE LA JUNTA



CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN

N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	E-6011	3,2	DC+	90-140	25-27	120-160	Descendente		X



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



ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008	WPS No.: 007 PQR de Soporte No.: 003 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui
--	--

JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA	
Tipo de junta:	ATOPE	Posición de Soldadura:	3F
Abertura raíz (e):	N/A	Progresión:	Descendente
Talón (c):	N/A		
Angulo de ranura (β):	N/A	Técnica:	Un pase
Placa de respaldo:	Sí: No: X		
Cordón de respaldo:	Sí: No: X		
Preparar bisel:	Sí: No: X		

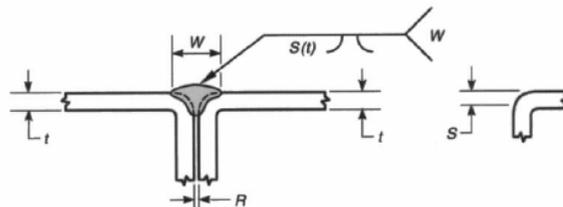
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO	
Especificación:	ASTM A-500	Temperatura:	N/A
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A

METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA	
Proceso:	SMAW	Soldadura de:	RANURA EN V POR DOBLEZ
Especificación (SFA) No.	N/A	Proceso de soldadura:	SMAW
Diámetro:	3,2 mm.	Tipo de Soldadura:	Semiautomática
Denominación AWS:	E-6011	Cordón de respaldo:	Sí: No: x
Marca:	AGA	Pase múltiples o simples (por lado)	simple
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Electrodos Múltiples o únicos	Único
Gas protección	N/A	Cordón Recto u Oscilante	recto
Caudal	N/A	Limpieza: cepillo metálico	
		Primer pase	N/A
		Pases siguientes:	N/A
		Pase de respaldo:	N/A

NOTAS

- Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta.

DETALLE DE LA JUNTA



CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN

N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	E-6011	3,2	DC+	90-140	25-27	120-160	Descendente		X



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



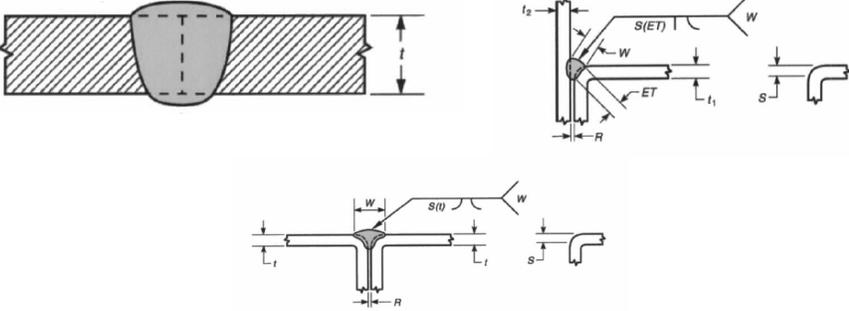
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3/2008		WPS No.: 008 PQR de Soporte No.: 004 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui							
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA							
Tipo de junta:	ENT	Posición de Soldadura:	3F						
Abertura raíz (e):	N/A								
Talón (c):	N/A	Progresión:	Descendente						
Angulo de ranura (β):	N/A								
Placa de respaldo:	sí: No: X	Técnica:	Un pase						
Cordón de respaldo:	sí: No: X								
Preparar bisel:	sí: No: X								
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO							
Especificación:	ASTM A-500	Temperatura:	N/A						
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A						
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA							
Proceso:	SMAW	Soldadura de:	FILETE						
		Proceso de soldadura:	SMAW						
Especificación (SFA) No.	N/A	Tipo de Soldadura:	Semiautomática						
Diámetro:	3,2 mm.	Cordón de respaldo:	Sí: No: x						
Denominación AWS:	E-6011	Pase múltiples o simples (por lado)	simple						
Marca:	AGA	Electrodos Múltiples o únicos	Único						
Velocidad de alimentación (m/min)	6,0	Cordón Recto u Oscilante	recto						
Gas protección	N/A	Limpieza: cepillo metálico							
Caudal	N/A	Primer pase	N/A						
		Pases siguientes:	N/A						
		Pase de respaldo:	N/A						
NOTAS									
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar limpieza de las partes, Verificar alineación de la junta, La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 									
DETALLE DE LA JUNTA									
CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° DE PASE	Material De Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De Avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de polaridad	Intensidad (amperios)				Oscilado	Recto
1	E-6011	3,2	DC+	90-140	25-27	120-160	Descendente		X

ANEXO A.7

Registro de calificación de procedimiento PQR (Acero ASTM A-500 Proceso SMAW)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) PQR N° 001					
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS D1.3 / 2008			PQR No.: 003 Fecha: 12/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:	ATOPE		Posición de Soldadura:	3G	
Abertura raíz (e):	1,2mm (+/- 0,2)				
Talón (c):	N/A		Progresión:	descendente	
Angulo de ranura (β):	N/A				
Placa de respaldo:	sí: No: X		Técnica:	Un pase	
Cordón de respaldo:	sí: No: X				
Preparar bisel:	sí: No: X				
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:	ASTM A-500		Temperatura:	N/A	
Espesor (t):	2,0mm		Temperatura entre pases:	N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso:	SMAW		Soldadura de:	RANURA	
Especificación (SFA) No.:	N/A		Proceso de soldadura:	SMAW	
Diámetro:	3,2 mm.		Tipo de Soldadura:	Semiautomática	
Denominación AWS:	E-6011		Cordón de respaldo:	Sí: No: x	
Marca:	AGA		Pase múltiples o simples (por lado):	simple	
Velocidad de alimentación (m/min):	6,0		Electrodos Múltiples o únicos:	Único	
Gas protección:	N/A		Cordón Recto u Oscilante:	Cordón Recto u Oscilante	
Caudal:	N/A		Limpieza: cepillo metálico		
			Primer pase:	N/A	
			Pases siguientes:	Pases siguientes:	
			Pase de respaldo:	N/A	
DETALLE DE LA JUNTA					
					

PARÁMETROS DE SOLDADURA					
Pase No:	RAÍZ				
Proceso:	SMAW				
Material de Aporte:	E-6011				
Diámetro:	3,2				
Velocidad de Alimentación (m/min)	6,0				
Velocidad de Soldadura(mm/min)	120-160				
Voltaje:	25-27				
Amperaje:	90-140				
Dirección:	DESCENDENTE				
Tipo de corriente y polaridad:	DC ⁺				
Código de soldadura:	WPS 005,006,007				
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REGISTRÓ DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)					
PQR N° 001					
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS DI.3/ 2008			PQR No.: 003 Fecha: 15/05/2014 Realizado por: Juan Velastegui		
ENSAYOS DESTRUCTIVOS					
RESULTADOS DE TRACCIÓN (PROBETAS PLANAS)					
IDENT.	APROBADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		% ELONGACIÓN	OBSERVACIONES
S500TR-1	SI	339 MPa	49,1 KSI	26,6	Rotura en el Metal Base
S500TR-2	NO	310 MPa	44,9 KSI	10	Rotura en la junta soldad
S500TR-3	SI	378 MPa	54,8 KSI	21,4	Rotura en el Metal Base
Ensayo de Tracción:		Califica: SI		Descalifica: NO	
RESULTADOS DE ENSAYO DE DOBLADO					
IDENT.	APROBADO	OBSERVACIONES			
S500T-1	SI	No Se observa discontinuidades en el cordón de soldadura			
S500T-2	SI	No Se observa discontinuidades en el cordón de soldadura			
S500T-3	NO	Se observa fisuras en el cordón de soldadura			
S500R-1	SI	Tamaño de la soldadura es de 4,2 mm			
S500R-2	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm			
S500R-3	SI	Tamaño de la soldadura es de 2,3 mm			
S500RV-1	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,1 mm			
S500RV-2	NO	Se observa falta de fusión en la raíz del cordón			
S500RV-3	SI	Tamaño de la soldadura es de 3,7 mm			
Ensayo de dobléz:		Califica: SI		Descalifica: NO	
LIMITACIONES DE CALIFICACIÓN:					
El procedimiento de soldadura queda habilitado para soldadura de ranura en placas de posición vertical					
El proceso de soldadura utilizado es SMAW					
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con ASTM A-500					
Límite de calificación en material de aporte: E-6011					



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



REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)
PQR N° 001

Institución: Universidad Técnica de Ambato
Según Norma: AWS D1.3 / 2008

PQR No.: 004
Fecha: 12/05/2014
Realizado por: Juan Velastegui

JUNTA UTILIZADA

POSICIÓN DE SOLDADURA

Tipo de junta:	ENT	Posición de Soldadura:	3F
Abertura raíz (e):	N/A	Progresión:	descendente
Talón (c):	N/A		
Angulo de ranura (β):	N/A		
Placa de respaldo:	sí: No: X	Técnica:	Un pase
Cordón de respaldo:	sí: No: X		
Preparar bisel:	sí: No: X		

METAL BASE

PRECALENTAMIENTO

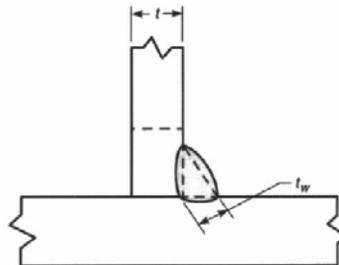
Especificación:	ASTM A-500	Temperatura:	N/A
Espesor (t):	2,0 mm	Temperatura entre pases:	N/A

METAL DE APORTE

TÉCNICA DE SOLDADURA

Proceso:	SMAW	Soldadura de:	FILETE
Especificación (SFA) No.:	N/A	Proceso de soldadura:	SMAW
Diámetro:	3,2 mm.	Tipo de Soldadura:	Semiautomática
Denominación AWS:	E-6011	Cordón de respaldo:	Sí: No: x
Marca:	AGA	Pase múltiples o simples (por lado):	simple
Velocidad de alimentación (m/min):	6,0	Electrodos Múltiples o únicos:	Único
Gas protección:	N/A	Cordón Recto u Oscilante:	Cordón Recto u Oscilante
Caudal:	N/A	Limpieza: cepillo metálico	
		Primer pase:	N/A
		Pases siguientes:	N/A
		Pase de respaldo:	N/A

DETALLE DE LA JUNTA



PARÁMETROS DE SOLDADURA		
Pase No:	RAÍZ	
Proceso:	SMAW	
Material de Aporte:	E-6011	
Diámetro:	3,2	
Velocidad de Alimentación (m/min)	6,0	
Velocidad de Soldadura(mm/min)	120-160	
Voltaje:	25-27	
Amperaje:	90-140	
Dirección:	DESCENDENTE	
Tipo de corriente y polaridad:	DC ⁺	
Código de soldadura:	WPS 008	
	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
REGISTRÓ DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)		
PQR N° 001		
Institución: Universidad Técnica de Ambato Según Norma: AWS DI.3/ 2008	PQR No.: 004 Fecha: 15/05/2014 Realizado por: Juan Velasteguí	
ENSAYOS DESTRUCTIVOS		
RESULTADOS DE ENSAYO DE DOBLADO		
IDENT.	APROBADO	OBSERVACIONES
S500F-1	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
S500F-2	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
S500F-3	SI	Se observa fusión completa de la raíz del cordón
Ensayo de dobléz:	Califica: SI	Descalifica: NO
LIMITACIONES DE CALIFICACIÓN:		
El procedimiento de soldadura queda habilitado para soldadura de ranura en placas de posición vertical		
El proceso de soldadura utilizado es SMAW		
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con ASTM A-500		
Límite de calificación en material de aporte: E-6011		

ANEXO B.1

Extracto de la Norma ASTM A 36: Standard Specification for Carbon Structural Steel



Designation: A 36/A 36M – 97a¹

Standard Specification for Carbon Structural Steel¹

This standard is issued under the fixed designation A 36/A 36M; 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 (ϵ) 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 Note—Table 2 was editorially corrected in September 1999.

1. Scope

1.1 This specification² covers carbon steel shapes, plates, and bars of structural quality for use in riveted, bolted, or welded construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 Supplementary requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser. Such requirements apply only when specified in the purchase order.

1.3 When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.

1.4 For Group 4 and 5 wide flange shapes for use in tension, it is recommended that the purchaser consider specifying supplementary requirements, such as fine austenitic grain size and Charpy V-Notch Impact testing.

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.6 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

1.7 For plates cut from coiled product, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of A 6/A 6M apply.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 6/A 6M Specification for General Requirements for

Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling³

A 27/A 27M Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application⁴

A 307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 psi Tensile Strength⁵

A 325 Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength⁵

A 325M Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]⁵

A 500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes⁶

A 501 Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing⁶

A 502 Specification for Steel Structural Rivets⁵

A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts⁵

A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]⁵

A 570/A 570M Specification for Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality⁷

A 668 Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use⁸

F 568M Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners⁵

3. Appurtenant Materials

3.1 When components of a steel structure are identified with this ASTM designation but the product form is not listed in the scope of this specification, the material shall conform to one of the standards listed in Table 1 unless otherwise specified by the purchaser.

4. General Requirements for Delivery

4.1 Material furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the ordered material, unless a conflict exists in

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved Nov. 10, 1997. Published April 1998. Originally published as A 36 – 60 T. Last previous edition A 36/A 36M – 97.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code Applications, see related Specifications SA-36 in Section II of that Code.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.08.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.01.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

A 36/A 36M

TABLE 1 Appurtenant Material Specifications

Note 1—The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65-35 [450-240]
Forgings (carbon steel)	A 968, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 570/A 570M, Grade 36
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

which case this specification shall prevail.

4.1.1 Coiled product is excluded from qualification to this specification until levelled and cut to length. Plates produced from coil means plates that have been cut to individual lengths from a coiled product and are furnished without heat treatment. The processor decoils, levels, cuts to length and marks the product. The processor is responsible for performing and certifying all tests, examinations, repairs, inspections or operations not intended to affect the properties of the material. For plates produced from coils, two test results shall be reported for each qualifying coil. See Note 1.

Note 1—Additional requirements regarding plate from coil are described in Specification A 6/A 6M.

5. Bearing Plates

5.1 Unless otherwise specified, plates used as bearing plates for bridges shall be subjected to mechanical tests and shall

conform to the tensile requirements of Section 8.

5.2 Unless otherwise specified, mechanical tests shall not be required for plates over 1½ in. [40 mm] in thickness used as bearing plates in structures other than bridges, subject to the requirement that they shall contain 0.20 to 0.33 % carbon by heat analysis, that the chemical composition shall conform to the requirements of Table 2 in phosphorus and sulfur content, and that a sufficient discard shall be made to secure sound plates.

6. Process

6.1 The steel shall be made by one or more of the following processes: open-hearth, basic-oxygen, or electric-furnace.

6.2 No rimmed or capped steel shall be used for plates and bars over ½ in. [12.5 mm] thick or for shapes other than Group 1.

7. Chemical Requirements

7.1 The heat analysis shall conform to the requirements prescribed in Table 2, except as specified in 5.2.

7.2 The steel shall conform on product analysis to the requirements prescribed in Table 2, subject to the product analysis tolerances in Specification A 6/A 6M.

8. Tensile Requirements

8.1 The material as represented by the test specimen, except as specified in 5.2 and 8.2, shall conform to the requirements as to the tensile properties prescribed in Table 3.

8.2 Shapes less than 1 in.² [645 mm²] in cross section and bars, other than flats, less than ½ in. [12.5 mm] in thickness or diameter need not be subjected to tension tests by the manufacturer, provided that the chemical composition used is appropriate for obtaining the tensile properties in Table 3.

TABLE 2 Chemical Requirements

Note 1—Where “...” appears in this table there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes ^a	Plates ^b					Bars			
		To ¼ [20] incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40] incl	Over 1½ to 2 ½ [40 to 65] incl	Over 2½ to 4 [65 to 100] incl	Over 4 [100]	To ¼ [20] incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40] incl	Over 1½ to 4 [100] incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.28	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.28	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	0.85-1.20	...	0.80-0.90	0.80-0.90	0.80-0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^a Manganese content of 0.85-1.35 % and silicon content of 0.15-0.40 % is required for shapes over 425 lb/ft [634 kg/m].

^b For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.05 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %.

TABLE 3 Tensile Requirements^a

Plates, Shapes, ^b and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^c
Plates and Bars ^{d,e} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^f

^a See Specimen Orientation under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^b For wide flange shapes over 425 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 18 %, applies.

^c Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^d Elongation not required to be determined for floor plate.

^e For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

9. Keywords

9.1 bars; bolted construction; bridges; buildings; carbon; plates; riveted construction; shapes; steel; structural steel; welded construction

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

These requirements shall not apply unless specified in the order.

Standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser are listed in Specification A 6/A 6M. Those that are considered suitable for use with this specification are listed by title:

S5. Charpy V-Notch Impact Test.

S14. Bend Test.

ADDITIONAL SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

In addition, the following optional supplementary requirements are also suitable for use with this specification.

S91. Fine Austenitic Grain Size

S91.1 The steel shall be killed and have a fine austenitic grain size.

S97. Limitation on Rimmed or Capped Steel

S97.1 The steel shall be other than rimmed or capped.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-8500 (phone), 610-832-8555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).

ANEXO B.2

Extracto de la Norma ASTM A-500



AMERICAN NATIONAL
STANDARD

ANSI/ASTM A 500 - 78

Standard Specification for COLD-FORMED WELDED AND SEAMLESS CARBON STEEL STRUCTURAL TUBING IN ROUNDS AND SHAPES¹

This Standard is issued under the fixed designation A 500; 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 reappraisal.

1. Scope

1.1 This specification covers cold-formed welded and seamless carbon steel round, square, rectangular, or special shape structural tubing for welded, riveted, or bolted construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 This tubing is produced in welded sizes with a maximum periphery of 64 in. (1626 mm) and a maximum wall of 0.500 in. (12.70 mm), and in seamless with a maximum periphery of 32 in. (813 mm) and a maximum wall of 0.500 in.

NOTE 1—Products manufactured to this standard may not be suitable for those applications such as dynamically loaded elements in welded structures, etc., where low-temperature notch-toughness properties may be important. For such applications the manufacturer should be consulted.

NOTE 2—The values stated in U.S. customary units are to be regarded as the standard.

2. Ordering Information

2.1 Orders for material under this specification shall include the following, as required, to describe the desired material adequately.

- 2.1.1 Quantity (feet or number of lengths),
- 2.1.2 Name of material (cold-formed tubing),
- 2.1.3 Method of manufacture (seamless or welded),
- 2.1.4 Grade (Table 1 and 2),
- 2.1.5 Size
- 2.1.6 Length (specific or random, see 12.1.3 or 12.2.3),
- 2.1.7 End condition (see 16.3),
- 2.1.8 Burr removal (see 16.3),
- 2.1.9 Certification (see 16.4),

- 2.1.10 Specification number,
- 2.1.11 End use, and
- 2.1.12 Special requirements.

3. Process

3.1 The steel shall be made by one or more of the following processes: open-hearth, basic-oxygen, or electric-furnace.

4. Manufacture

4.1 The tubing shall be made by a seamless or welding process.

4.2 Welded tubing shall be made from flat-rolled steel by an automatic welding process producing a longitudinal weld with no addition of filler metal. The longitudinal butt joint of welded tubing shall be welded across its thickness in such a manner that the structural design strength of the tubing section is assured.

4.2.1 Structural tubing welded by electric-resistance methods is normally furnished without removal of inside flash.

4.3 The tubing may be stress relieved or annealed as is considered necessary by the manufacturer to conform to the requirements of this specification.

5. Heat Analysis

5.1 An analysis of each heat of open-hearth, basic-oxygen, or electric-furnace steel

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.09 on Pipe.

Current edition approved July 28, 1978. Published September 1978. Originally published as A 500 - 64. Last previous edition A 500 - 77.



shall be made by the manufacturer. This analysis shall be made from a test ingot taken during the pouring of the heat. The chemical composition thus determined shall conform to the requirements specified in Table 1 for heat analysis.

6. Product Analysis

6.1 An analysis may be made by the purchaser from finished tubing manufactured in accordance with this specification, or an analysis may be made from flat-rolled stock of which the welded tubing is manufactured. When product analyses are made, two sample lengths from a lot of each 500 lengths or fraction thereof shall be selected. The specimens for chemical analysis shall be taken from the sample lengths in accordance with ASTM Method E 59, Sampling Steel and Iron for Determination of Chemical Composition.² The chemical composition thus determined shall conform to the requirements specified in Table 1 for product analysis.

6.2 In the event the chemical composition of one of the sample lengths does not conform to the requirements shown in Table 1 for product analysis, an analysis of two additional lengths selected from the same lot shall be made, each of which shall conform to the requirements shown in Table 1 for product analysis, or the lot is subject to rejection.

7. Tensile Requirements

7.1 The material, as represented by the test specimen, shall conform to the requirements as to tensile properties prescribed in Table 2.

8. Flattening Test

8.1 The flattening test shall be made on round structural tubing. A flattening test is not required for shaped structural tubing.

8.2 For welded round structural tubing, a specimen at least 4 in. (102 mm) in length shall be flattened cold between parallel plates in three steps, with the weld located at 90 deg from the line of direction of force. During the first step, which is a test for ductility of the weld, no cracks or breaks on the inside or outside surfaces shall occur until the distance between the plates is less than two thirds of the original outside diameter of the tubing. As a second step, the flattening shall be con-

tinued. During the second step, which is a test for ductility exclusive of the weld, no cracks or breaks on the inside or outside surfaces, except as provided for in 8.5, shall occur until the distance between the plates is less than one half of the original outside diameter of the tubing but is not less than five times the wall thickness of the tubing. During the third step, which is a test for soundness, the flattening shall be continued until the specimen breaks or the opposite walls of the tubing meet. Evidence of laminated or unsound material or of incomplete weld that is revealed during the entire flattening test shall be cause for rejection.

8.3 For seamless round structural tubing 2 3/8 in. (60.3 mm) outside diameter and larger, a section not less than 2 1/2 in. (63.5 mm) in length shall be flattened cold between parallel plates in two steps. During the first step, which is a test for ductility no cracks or breaks on the inside or outside surfaces, except as provided for in 8.5, shall occur until the distance between the plates is less than the value of "H" calculated by the following equation:

$$H = (1 + e)t/(e + t/D)$$

where:

H = distance between flattening plates, in.,
 e = deformation per unit length (constant for a given grade of steel, 0.09 for Grade A, 0.07 for Grade B, and 0.06 for Grade C),
 t = nominal wall thickness of tubing, in., and
 D = actual outside diameter of tubing, in.

During the second step, which is a test for soundness, the flattening shall be continued until the specimen breaks or the opposite walls of the tubing meet. Evidence of laminated or unsound material that is revealed during the entire flattening test shall be cause for rejection.

8.4 Surface imperfections not found in the test specimen before flattening, but revealed during the first step of the flattening test, shall be judged in accordance with Section 16.

8.5 When low D -to- t ratio tubulars are tested, because the strain imposed due to geometry is unreasonably high on the inside surface at the 6 and 12 o'clock locations,

² Annual Book of ASTM Standards, Part 12.

cracks at these locations shall not be cause for rejection if the D -to- t ratio is less than 10.

9. Test Methods

9.1 The tension specimens required by this specification shall conform to those described in the latest issue of ASTM Methods and Definitions A 370, for the Mechanical Testing of Steel Products, Supplementary Requirements II.⁹

9.2 The tension test specimen shall be taken longitudinally from a section of the finished tubing, at a location at least 90 deg from the weld in the case of welded tubing, and shall not be flattened between gage marks. If desired, the tension tests may be made on the full section of the tubing; otherwise, a longitudinal strip-test specimen as prescribed in Methods A 370 Supplementary Requirements II shall be used. The specimens shall have all burrs removed and shall not contain surface imperfections which would interfere with proper determination of the tensile properties of the metal.

9.3 The yield point shall be determined in accordance with one of the alternative methods described in Methods A 370.

10. Number of Tests

10.1 One tension test as specified in Section 9 shall be made from a length of tubing representing each lot.

10.2 The flattening test, as specified in Section 8 shall be made on one length of round tubing from each lot.

10.3 The term "lot" applies to all tubes of the same nominal size and wall thickness which are produced from the same heat of steel.

11. Retests

11.1 If the results of the mechanical tests representing any lot do not conform to a requirement as specified in Sections 7 and 8, retests may be made on additional tubing of double the original number from the same lot, each of which shall conform to the requirement specified, or the tubing represented by the test is subject to rejection.

11.2 In case of failure on retest to meet the requirements of Sections 7 and 8, the manufacturer may elect to retreat, rework, or otherwise eliminate the condition responsible for failure to meet the specified requirements. Thereafter, the material remaining from the

lot originally represented, may be tested and shall comply with all requirements of this specification.

12. Permissible Variations in Dimensions

12.1 Round Structural Tubing

12.1.1 *Diameter*—The outside diameter shall not vary more than ± 0.5 percent rounded to the nearest 0.005 in. (0.13 mm), of the nominal outside diameter size specified, for nominal outside diameter dimensions 1.900 in. (48.26 mm) and smaller, and plus and minus 0.75 percent rounded to the nearest 0.005 in. of the nominal outside diameter for nominal outside diameter dimensions 2.00 in. and larger. The outside diameter measurements shall be made at positions at least 2 in. (50.8 mm) from either end of the tubing.

12.1.2 *Wall Thickness*—The minimum wall thickness at any point of measurement of the tubing shall be not more than 10 percent less than the nominal wall thickness specified. The maximum wall thickness, excluding the weld seam of welded tubing, shall be not more than 10 percent greater than the nominal wall thickness specified.

12.1.3 *Length*—Structural tubing is normally produced in random mill lengths 5 ft (1.5 m) and over, in multiple lengths, and in specified mill lengths. Refer to Section 2. When specified mill lengths are ordered, the length tolerance shall be in accordance with Table 3.

12.1.4 *Straightness*—The permissible variation for straightness of round structural tubing shall be $\frac{1}{8}$ in. times the number of feet (10.4 mm times the number of meters) of total length divided by 5.

12.2 Square and Rectangular Structural Tubing

12.2.1 *Outside Dimensions*—The specified dimensions, measured across the flats at positions at least 2 in. (50.8 mm) from either end of the tubing and including an allowance for convexity or concavity, shall not exceed the plus and minus tolerances shown in Table 4.

12.2.2 *Wall Thickness*—The tolerance for wall thickness exclusive of the weld area shall be plus and minus 10 percent of the nominal wall thickness specified. The wall thickness is to be measured at the center of the flat.

⁹ Annual Book of ASTM Standards, Parts 1, 2, 3, 4, 5, and 10.



12.2.3 *Length*—Square and rectangular structural tubing is normally produced in random mill lengths 5 ft and over, in multiple lengths, and in specified mill lengths. Refer Section 2. When specified mill lengths are ordered for square and rectangular structural tubing, the length tolerances shall be in accordance with Table 5.

12.2.4 *Straightness*—The permissible variation for straightness of square and rectangular structural tubing shall be $\frac{1}{8}$ in. times the number of feet of total length divided by 5.

12.2.5 *Squareness of Sides*—For square or rectangular structural tubing, adjacent sides may deviate from 90 deg by a tolerance of plus or minus 2 deg max.

12.2.6 *Radius of Corners*—For square or rectangular structural tubing, the radius of any outside corner of the section shall not exceed three times the specified wall thickness.

12.2.7 *Twist*—The tolerances for twist or variation with respect to axial alignment of the section, for square and rectangular structural tubing, shall be as shown in Table 6. Twist is measured either by holding down one end of a square or rectangular tube on a flat surface plate with the bottom side of the tube parallel to the surface plate and noting the difference in height above the surface plate of the two corners at the opposite end of the bottom side of the tube or by measuring this difference on the heavier sections by a suitable measuring device. The difference in the height of the corners shall not exceed the values in Table 6. Twist measurements are not to be taken within 2 in. (50 mm) of either end of the product.

13. Special Shape Structural Tubing

13.1 The dimensions and tolerances of special shape structural tubing are available by inquiry and negotiation with the manufacturer.

14. Marking

14.1 Except as noted in 14.2, each length of structural tubing shall be legibly marked to show the following information: manufacturer's name, brand, or trademark; the specification number; and grade letter.

14.2 For structural tubing having a largest dimension of 4 in. (101.6 mm) or less, the information listed in 14.1 may be marked on a

tag securely attached to each bundle.

15. Packing, Marking, and Loading

15.1 When specified in the order, contract, etc., packing, marking, and loading shall be in accordance with those procedures recommended by Recommended Practice A 700 for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment.⁴

16. Inspection

16.1 All tubing shall be subject to an inspection at place of manufacture to assure conformance to the requirements of this specification.

16.2 All tubing shall be free from injurious defects and shall have a workmanlike finish. Surface imperfections caused by handling marks, light die or roll marks, or shallow pits are not considered injurious defects, providing the imperfections are removable within the minimum wall permitted. The removal of such surface imperfections is not required. Welded tubing shall be free of protruding metal on the outside surface of the weld seam.

16.3 The ends of structural tubing, unless otherwise specified, shall be finished square cut and the burr held to a minimum. The burr can be removed on the outside diameter, inside diameter, or both, as a supplementary requirement. When burrs are to be removed, it shall be specified on the purchase order.

16.4 Upon request of the purchaser in the contract or order, a manufacturer's certification that the material was manufactured and tested in accordance with this specification together with a report of the chemical and tensile tests shall be furnished.

17. Rejection

17.1 Each length of tubing received from the manufacturer may be inspected by the purchaser and, if it does not meet the requirements of this specification based on the inspection and test method as outlined in the specification, the length may be rejected and the manufacturer shall be notified. Disposition of rejected tubing shall be a matter of agreement between the manufacturer and the purchaser.

17.2 Tubing found in fabrication or in instal-

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Parts 1, 3, 4, and 5.



lation to be unsuitable for the intended use, under the scope and requirements of this specification, may be set aside and the manufacturer notified. Such tubing shall be subject

to mutual investigation as to the nature and severity of the deficiency and the forming or installation, or both, conditions involved. Disposition shall be a matter for agreement.

TABLE 1 Chemical Requirements

Element	Composition, %			
	Grades A and B		Grade C	
	Heat Analysis	Product Analysis	Heat Analysis	Product Analysis
Carbon, max	0.26	0.30	0.23	0.27
Manganese, max	1.35	1.40
Phosphorus, max	0.04	0.05	0.04	0.05
Sulfur, max	0.05	0.063	0.05	0.063
Copper, when copper steel is specified, min	0.20	0.18	0.20	0.18

TABLE 2 Tensile Requirements

Round Structural Tubing			
	Grade A	Grade B	Grade C
Tensile Strength, min, psi (MPa)	45 000 (310)	58 000 (400)	62 000 (427)
Yield Strength, min, psi (MPa)	33 000 (228)	42 000 (290)	46 000 (317)
Elongation in 2 in. (50.8 mm), min, %	25 ^a	23 ^a	21 ^a
Shaped Structural Tubing			
	Grade A	Grade B	Grade C
Tensile Strength, min, psi (MPa)	45 000 (310)	58 000 (400)	62 000 (427)
Yield Strength, min, psi (MPa)	39 000 (269)	46 000 (317)	50 000 (345)
Elongation in 2 in. (50.8 mm), min, %	25 ^a	23 ^a	21 ^a

^a Applies to specified wall thicknesses 0.120 in. (3.05 mm) and over. For wall thicknesses under 0.120 in., the minimum elongation shall be calculated by the formula: percent elongation in 2 in. = 56r + 17.5.

^b Applies to specified wall thicknesses 0.180 in. (4.57 mm) and over. For wall thicknesses under 0.180 in., the minimum elongation shall be calculated by the formula: percent elongation in 2 in. = 61r + 12.

^c Applies to specified wall thicknesses 0.120 in. (3.05 mm) and over. For lighter wall thicknesses, elongation shall be by agreement with the manufacturer.

NOTE—The following table gives completed minimum values for longitudinal strip tests:

Wall thickness, in. (mm)	Elongation in 2 in. (50.8 mm), min, %	
	Grade A	Grade B
0.180 (4.57)	...	23
0.165 (4.19)	...	22
0.148 (3.76)	...	21
0.134 (3.40)	...	20
0.120 (3.05)	25	19.5
0.109 (2.77)	23.5	19
0.095 (2.41)	23	18
0.083 (2.11)	22	17
0.065 (1.65)	21	16
0.049 (1.24)	20	15
0.035 (0.89)	19.5	14



A 500

TABLE 3 Specified Mill Length Tolerances for Round Structural Tubing

	22 ft (6.7 m) and Under		Over 22 to 44 ft (6.7 to 13.4 m), incl	
	Over	Under	Over	Under
Length tolerance for specified mill length, in. (mm)	1/2 (12.7)	3/4 (6.4)	3/4 (19.0)	1/2 (6.4)

TABLE 4 Outside Dimension Tolerances for Square and Rectangular Structural Tubing

Largest Outside Dimension, across flats, in. (mm)	Tolerance, ^a plus and minus, in. (mm)
2 1/2 (63.5) and under	0.020 (0.51)
Over 2 1/2 to 3 1/2 (63.5 to 88.9), incl	0.025 (0.64)
Over 3 1/2 to 5 1/2 (88.9 to 139.7), incl	0.030 (0.76)
Over 5 1/2 (139.7)	1 percent

^aTolerances include allowance for convexity or concavity. For rectangular sections, the tolerance calculated for the larger flat dimension shall also apply to the smaller flat dimension. This tolerance may be increased 50 percent when applied to the smaller dimension, if the ratio of the cross-sectional dimensions is 1.5 to 3, inclusive, and 100 percent when the ratio exceeds 3.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103, which will schedule a further hearing regarding your comments. Failing satisfaction there, you may appeal to the ASTM Board of Directors.

TABLE 5 Specified Mill Length Tolerances for Square and Rectangular Structural Tubing

	22 ft (6.7 m) and Under		Over 22 ft to 44 ft (6.7 to 13.4 m), incl	
	Over	Under	Over	Under
Length tolerance for specified mill length, in. (mm)	1/2 (12.7)	3/4 (6.4)	3/4 (19.0)	1/2 (6.4)

TABLE 6 Twist Tolerances for Square and Rectangular Structural Tubing

Specified Dimension of Longest Side, in. (mm)	Maximum Twist in the First 3 ft (1 m) and in each additional 3 ft	
	in.	mm
1 1/2 (38.1) and under	0.050	1.39
Over 1 1/2 to 2 1/2 (38.1 to 63.5), incl	0.062	1.72
Over 2 1/2 to 4 (63.5 to 101.6), incl	0.075	2.09
Over 4 to 6 (101.6 to 152.4), incl	0.087	2.42
Over 6 to 8 (152.4 to 203.2), incl	0.100	2.78
Over 8 (203)	0.112	3.11

ANEXO B.3

Extracto de la Norma AWS D1,3/2008

AWS D1.3/D1.3M:2008

CLAUSE 4. QUALIFICATION

Part C **Welder Performance Qualification**

4.7 Essential Variables

4.7.1 General

4.7.1.1 Base Metals. Performance qualification established with any one of the steels permitted by this code shall be considered as performance qualification to weld any of the other steels, provided they have no coating or have the same coating used in qualification.

4.7.1.2 Processes. A welder shall be qualified for each welding process specified in the WPS.

4.7.1.3 SMAW Electrodes. A welder qualified for SMAW with an electrode identified in Table 4.3 shall be considered qualified to weld with any other electrode in the same group designation, and with any electrode listed in a numerically lower group designation.

4.7.1.4 Electrodes and Shielding Media. A welder qualified with an approved electrode and shielding medium combination shall be considered qualified to weld with any other approved electrode and shielding medium combination for the welding process used in the WPS.

4.7.1.5 Position. A change in the position of welding to one for which the welder is not already qualified shall require requalification.

4.7.1.6 Vertical Welding. When welding in the vertical position, a change in the direction of welding shall require requalification.

4.7.2 Specific Conditions. Except as modified by 4.8.2, all welders shall be qualified by making a test weldment for each weld joint type (see Table 4.1) to be used in construction, and for the following conditions:

(1) For each thickness (gage) of sheet steel in the case of arc spot welds or arc seam welds to be used in production.

(2) For minimum thickness of sheet steel in the case of fillet welds, flare-bevel groove welds, and flare-V groove welds.

(3) A change in the sheet steel thickness for square groove welds listed below requires requalification of the welder or welding operator.

(a) A change in sheet steel thickness to less than $0.5t$ or greater than $2t$, where t is the thickness of the thinner sheet qualified.

(b) As an acceptable alternate to 4.7.2(3)(a), the following qualification tests may be used to cover the complete range of all sheet steel thicknesses:

(i) Qualification performed on 18 gage sheet steel shall qualify the welder or welding operator for welding sheet steel 16 gage and thinner.

(ii) Qualification performed on 10 gage sheet steel shall qualify the welder or welding operator for welding sheet steel 16 gage and thicker.

(4) For applicable positions of welding, see Table 4.4.

4.8 Number of Tests and Methods for Welder Performance Qualification

4.8.1 General. The qualification tests described herein are specially devised tests to determine the welder's ability to produce sound welds. Welding shall be performed in conformance with the requirements of the WPS and recorded on a PQR form similar to that of Annex B.

4.8.1.1 WPS Status. The WPS used in the qualification of a welder shall be a qualified or prequalified WPS. The number and type of test assemblies, their method of testing, and the test results shall be the same as for WPS qualification (see Table 4.4).

4.8.1.2 Welder Qualification through WPS Qualification. The welder who completes a successful WPS shall be considered qualified for the welding process, welding position, type of weld, and applicable type of coated sheet steel. In the case of fillet welds or flare groove welds, or both, the welder shall also be considered qualified for thicknesses of material equal to or greater than those used in the test. In the case of arc spot welds, arc seam welds, and square groove welds, the qualification shall be limited to the thickness (gage) used in this test (see Table 4.4).

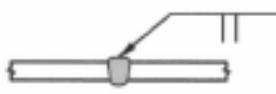
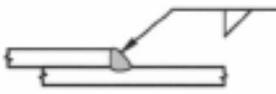
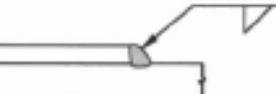
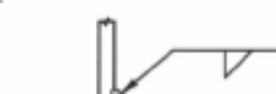
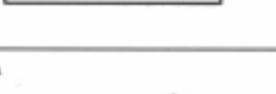
4.8.1.3 Records. Records of test results shall be kept by the manufacturer, or contractor, and shall be available to those authorized to examine them. A form similar to that used in Annex B may be used.

4.8.2 Specific Conditions. Separate welder qualifications shall be required for welding galvanized sheet steel or sheet steel with other coating.

4.9 Duration of Qualification

The welder's qualification shall be considered as remaining in effect indefinitely, unless (1) the welder is not engaged in a given process of welding for which the welder is qualified for a period exceeding six months, or (2) there is some specific reason to question a welder's ability.

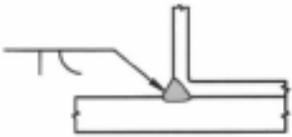
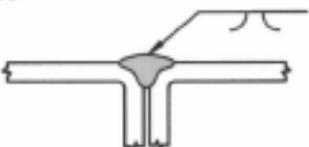
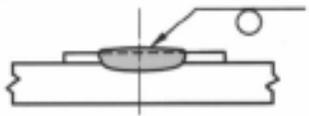
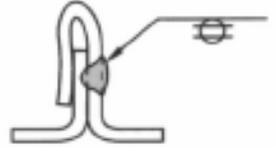
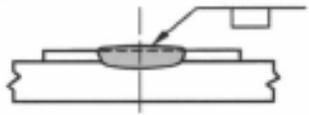
Table 4.1
WPS Qualification Tests* (see 4.6)

Test Assemblies Shown in Figure:	Type of Welded Joint Tested	Type of Test	Position		Qualified Welded Joint
			Tested	Qualified	
4.1 	Square groove weld in butt joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F H V OH	Square groove weld in butt joint—sheet to sheet
4.2A 	Fillet weld in lap joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Fillet weld in lap or corner joint—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member
4.2B 	Fillet weld in lap joint—sheet to supporting structural member	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Fillet weld in lap or corner joint—sheet to supporting structural member
4.2C 	Fillet weld in T-joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Fillet weld in T-, lap, or corner joint—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member
4.2D 	Fillet weld in T-joint—sheet to supporting structural member	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Fillet weld in T-, lap, or corner joint—sheet to supporting structural member
4.3A 	Flare-bevel-groove weld—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Flare-bevel-groove weld—sheet to sheet and sheet to supporting structural member, and flare-V-groove weld—sheet to sheet

AWS D1.3/D1.3M:2008, 4.6.1.1, 4.6.1.2, 4.6.1.3, 4.6.1.4, 4.6.1.5, 4.6.1.6, 4.6.1.7, 4.6.1.8, 4.6.1.9, 4.6.1.10, 4.6.1.11, 4.6.1.12, 4.6.1.13, 4.6.1.14, 4.6.1.15, 4.6.1.16, 4.6.1.17, 4.6.1.18, 4.6.1.19, 4.6.1.20, 4.6.1.21, 4.6.1.22, 4.6.1.23, 4.6.1.24, 4.6.1.25, 4.6.1.26, 4.6.1.27, 4.6.1.28, 4.6.1.29, 4.6.1.30, 4.6.1.31, 4.6.1.32, 4.6.1.33, 4.6.1.34, 4.6.1.35, 4.6.1.36, 4.6.1.37, 4.6.1.38, 4.6.1.39, 4.6.1.40, 4.6.1.41, 4.6.1.42, 4.6.1.43, 4.6.1.44, 4.6.1.45, 4.6.1.46, 4.6.1.47, 4.6.1.48, 4.6.1.49, 4.6.1.50, 4.6.1.51, 4.6.1.52, 4.6.1.53, 4.6.1.54, 4.6.1.55, 4.6.1.56, 4.6.1.57, 4.6.1.58, 4.6.1.59, 4.6.1.60, 4.6.1.61, 4.6.1.62, 4.6.1.63, 4.6.1.64, 4.6.1.65, 4.6.1.66, 4.6.1.67, 4.6.1.68, 4.6.1.69, 4.6.1.70, 4.6.1.71, 4.6.1.72, 4.6.1.73, 4.6.1.74, 4.6.1.75, 4.6.1.76, 4.6.1.77, 4.6.1.78, 4.6.1.79, 4.6.1.80, 4.6.1.81, 4.6.1.82, 4.6.1.83, 4.6.1.84, 4.6.1.85, 4.6.1.86, 4.6.1.87, 4.6.1.88, 4.6.1.89, 4.6.1.90, 4.6.1.91, 4.6.1.92, 4.6.1.93, 4.6.1.94, 4.6.1.95, 4.6.1.96, 4.6.1.97, 4.6.1.98, 4.6.1.99, 4.6.1.100

(Continued)

Table 4.1 (Continued)
WPS Qualification Tests^a (see 4.6)

Test Assemblies Shown in Figure:	Type of Welded Joint Tested	Type of Test	Position		Qualified Welded Joint
			Tested	Qualified	
4.3B 	Flare-bevel-groove weld—sheet to supporting structural member	Bend	F H V OH	F E, H V OH	Flare-bevel-groove weld—sheet to supporting structural member
4.3C 	Flare-V-groove weld—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F H V OH	Flare-V-groove weld—sheet to sheet and flare-bevel-groove weld—sheet to sheet and sheet to supporting structural member
4.4 	Arc spot weld—sheet to supporting structural member	Torsion	F	F	Arc spot and arc seam weld—sheet to supporting structural member
4.5A 	Arc seam weld—sheet to supporting structural member	Bend	F	F	Arc seam weld—sheet to supporting structural member
4.5B 	Arc seam weld—sheet to sheet	Bend	H	H	Arc seam weld—sheet to sheet
4.6 	Arc plug weld—sheet to supporting structural member	Torsion	F H V OH	F H V OH	Arc plug weld—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member

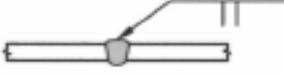
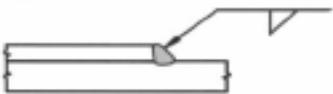
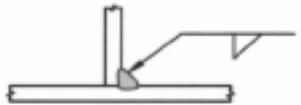
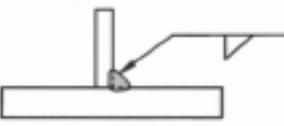
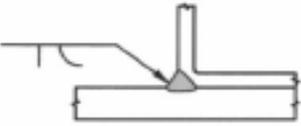
^aTwo tests shall be required for each welding position, thickness, and type of coating (see 4.5 for essential variable limitations).

Table 4.2
PQR Essential Variable Changes^a Requiring WPS Requalification for
SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, and SAW (see 4.5)

Essential Variable Changes to PQR Requiring Requalification	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW	SAW
(1) A change in classification of electrode (e.g., change from E6010 to E6012)	X				
(2) A change in filler metal or electrode/flux classification not covered in AWS A5.18 or AWS A5.28 (GMAW/GTAW), AWS A5.20 or AWS A5.29 (FCAW), or AWS A5.17 or AWS A5.23 (SAW)		X	X	X	X
(3) A change in tungsten electrode type per AWS A5.12				X	
(4) A change increasing the filler metal strength level (a change from E70XX to E80XX-X, for example, but not vice versa)	X	X	X	X	X
(5) A change in the diameter of the electrode	X	X	X	X	X
(6) A change of more 1/16 in [1.6 mm] in the nominal diameter of filler wire				X	
(7) The addition or deletion of filler metal				X	
(8) Changes of more than 10% above or below the melting rate, amperage, or wire feed speed; in the case of arc spot, or arc seam welds, a reduction in melting rate, welding current, or wire feed speed of more than 5%.	X	X	X	X	X
(9) A change in the type of welding current (AC or DC) or polarity	X	X	X	X	X
(10) A change in sheet steel thickness listed below:					
(a) A change in base metal thickness of sheet steel by more than 10% for arc spot weld and arc seam welds	X	X	X	X	X
(b) For joints other than those in (10)(a), a change in sheet steel thickness to less than 0.5 <i>t</i> or greater than 2 <i>t</i> , where <i>t</i> is the thickness of the thinner steel qualified	X	X	X	X	X
(c) As an acceptable alternate to (10)(b), the following qualification tests (d and e) may be used to cover the complete range of all sheet steel thicknesses:					
(d) A qualification weld performed on 18 gage sheet steel shall provide qualification for that WPS for sheet steel 16 gage and thinner	X	X	X	X	X
(e) A qualification weld performed on 10 gage or thicker shall provide qualification for that WPS for sheet steel as thin as 16 gage and thicker, up to 2 <i>t</i> thickness, where <i>t</i> is the thickness of the thinner sheet steel qualified	X	X	X	X	X
(11) An increase in the root opening of a square-groove weld	X	X	X	X	X
(12) A change in the type of coating material, or the addition, but not deletion, of coating material on the base metal. (NOTE: Anti-spatter compound is not considered a coating material.)	X	X	X	X	X
(13) An increase exceeding 30% in the thickness of coating of the sheet steel	X	X	X	X	X
(14) A change in position not qualified per Table 4.1	X	X	X	X	X
(15) In vertical position welding, a change in the progression specified from downward to upward, or vice versa	X	X	X	X	
(16) A change in shielding gas		X	X	X	

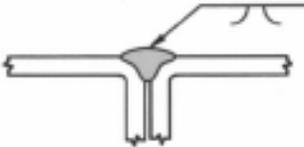
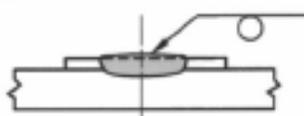
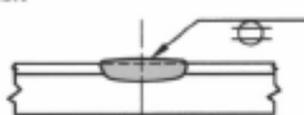
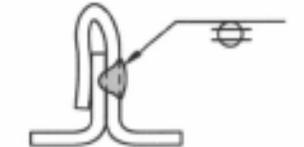
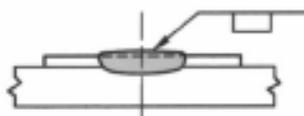
(Continued)

Table 4.4
Welder Performance Qualification Tests^a (see 4.8)

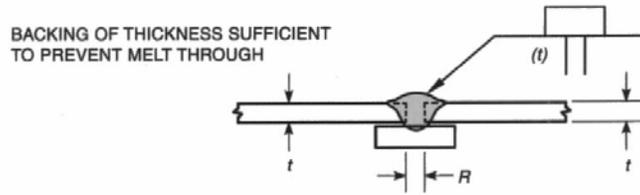
Test Assemblies Shown in Figure:	Type of Welded Joint Tested	Type of Test	Position		Qualified	
			Tested	Qualified	Welded Joint	Thickness
4.1 	Square-groove weld in butt joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Square-groove weld in butt joint—sheet to sheet	Thickness tested [except as modified by 4.7.2(3)]
4.2A 	Fillet weld in lap joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Fillet weld in lap or corner joint—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member	Thickness tested and thicker
4.2B 	Fillet weld in lap joint—sheet to supporting structural member	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Fillet weld in lap or corner joint—sheet to supporting structural member	Thickness tested and thicker
4.2C 	Fillet weld in T-joint—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Fillet weld in T-, lap, or corner joint—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member	Thickness tested and thicker
4.2D 	Fillet welded T-joint, sheet to supporting member	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Fillet welded T-, lap, or corner joint, sheet to supporting member	Thickness tested and thicker
4.3A 	Flare-bevel-groove weld—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Flare-bevel-groove weld—sheet to sheet and sheet to supporting structural member, and flare-V-groove weld—sheet to sheet	Thickness tested and thicker
4.3B 	Flare-bevel-groove weld—sheet to supporting structural member	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Flare-bevel-groove weld—sheet to supporting structural member	Thickness tested and thicker

(Continued)

Table 4.4 (Continued)
Welder Performance Qualification Tests^a (see 4.8)

Test Assemblies Shown in Figure:	Type of Welded Joint Tested	Type of Test	Position		Qualified	
			Tested	Qualified	Welded Joint	Thickness
4.3C 	Flare-V-groove weld—sheet to sheet	Bend	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Flare-V-groove weld—sheet to sheet and flare-bevel-groove weld—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member	Thickness tested and thicker
4.4 	Arc spot weld—sheet to supporting structural member	Torsion	F	F	Arc spot and arc seam weld—sheet to supporting structural member	Thickness tested
4.5A 	Arc seam weld—sheet to supporting structural member	Bend	F	F	Arc seam weld—sheet to supporting structural member	Thickness tested
4.5B 	Arc seam weld—sheet to sheet	Bend	H	H	Arc seam weld—sheet to sheet	Thickness tested
4.6 	Arc plug weld—sheet to supporting structural member	Torsion	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Arc plug weld—sheet to sheet, and sheet to supporting structural member	Thickness tested

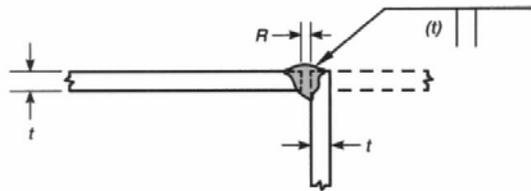
^a Two tests shall be required for each assembly.



Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	18 Ga. MIN., 16 Ga. MAX.	0 MIN., $\frac{3}{4} t$ MAX.	All
	15 Ga. MIN., 7 Ga. MAX.	$\frac{3}{4} t$ MIN., $1\text{-}1/4 t$ MAX.	

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

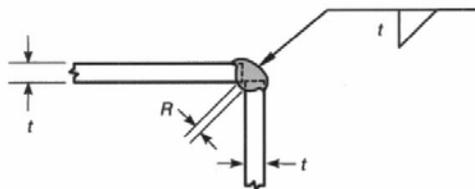
Figure 3.1A—Square Groove Weld in Butt Joint with Steel Backing (see 3.2.1)



Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	18 Ga. MIN., 12 Ga. MAX.	0 MIN., $t/2$ MAX.	All
	11 Ga. MIN., 7 Ga. MAX.	$t/2$ MIN., t MAX.	

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

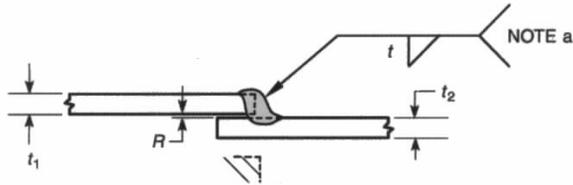
Figure 3.1B—Square Groove Weld in Butt or Corner Joint without Backing (see 3.2.1)



Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	18 Ga. MIN., 11 Ga. MAX.	0 MIN., $t/4$ MAX.	All

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.2A—Fillet Weld in Corner Joint (see 3.2.2)

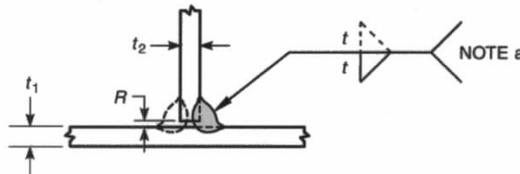


Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (See Note a)	All

^a $t = t_1$ or t_2 , whichever is less.

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.2B—Fillet Weld in Lap Joint (see 3.2.2)

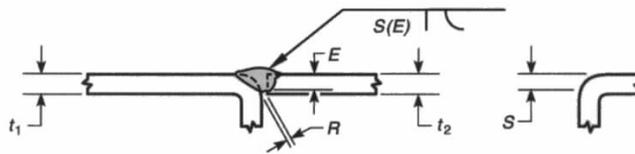


Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (See Note a)	All

^a $t = t_1$ or t_2 , whichever is less.

Note: See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.2C—Fillet Weld in T-Joint (see 3.2.2)



Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (See Note a)	All

^a $t = t_1$ or t_2 , whichever is less.

Notes:

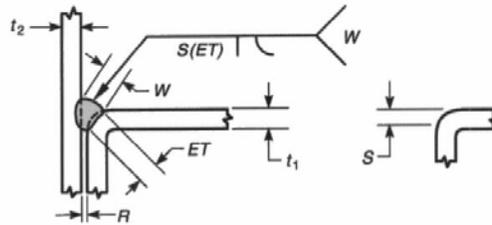
1. E (weld size) = $0.5t_2$ for ≥ 13 gage
 $0.6t_2$ for 11 and 12 gages
 $0.7t_2$ for 7 through 10 gages

2. S (external bend radius) = $2t_1 \text{ min.}$

3. As the radius increases, the "S" dimension also increases. The corner may not be a quadrant of a circle tangent to the sides. The corner dimension, "S," may be less than the radius of the corner.

4. See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.3A—Flare-Bevel-Groove Weld in Butt Joint (see 3.2.3)



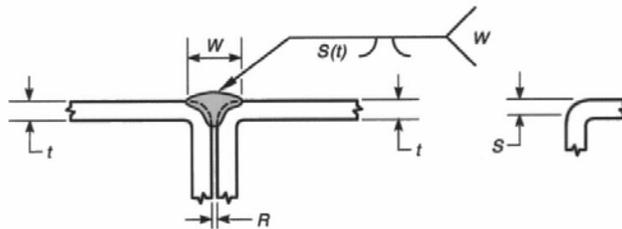
Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (See Note a)	All

^a $t = t_1$ or t_2 , whichever is less.

Notes:

- W (weld face width) = $2t_1$ for ≥ 16 gage
 $1.5t_1$ for 11 through 15 gages
 t_1 for 7 through 10 gages
- ET (effective throat) = $1.5t_1$ for ≥ 11 gage
 t_1 for 7 through 10 gages
- S (external bend radius) = $2t_1$ min.
- As the radius increases, the "S" dimension also increases. The corner may not be a quadrant of a circle tangent to the sides. The corner dimension, "S," may be less than the radius of the corner.
- See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.3B—Flare-Bevel-Groove Weld in Corner Joint (see 3.2.3)



Welding Process	Thickness	R = Root Opening	Positions
All	18 Ga. MIN., 11 Ga. MAX.	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$	All

^a $t = t_1$ or t_2 , whichever is less.

Notes:

- W (weld face width) = $2t$ min.
- S (external bend radius) = $2t$ min.
- As the radius increases, the "S" dimension also increases. The corner may not be a quadrant of a circle tangent to the sides. The corner dimension, "S," may be less than the radius of the corner.
- See Annex D for metric equivalents of U.S. Customary Units.

Figure 3.3C—Flare-V-Groove Weld in Butt Joint (see 3.2.3)

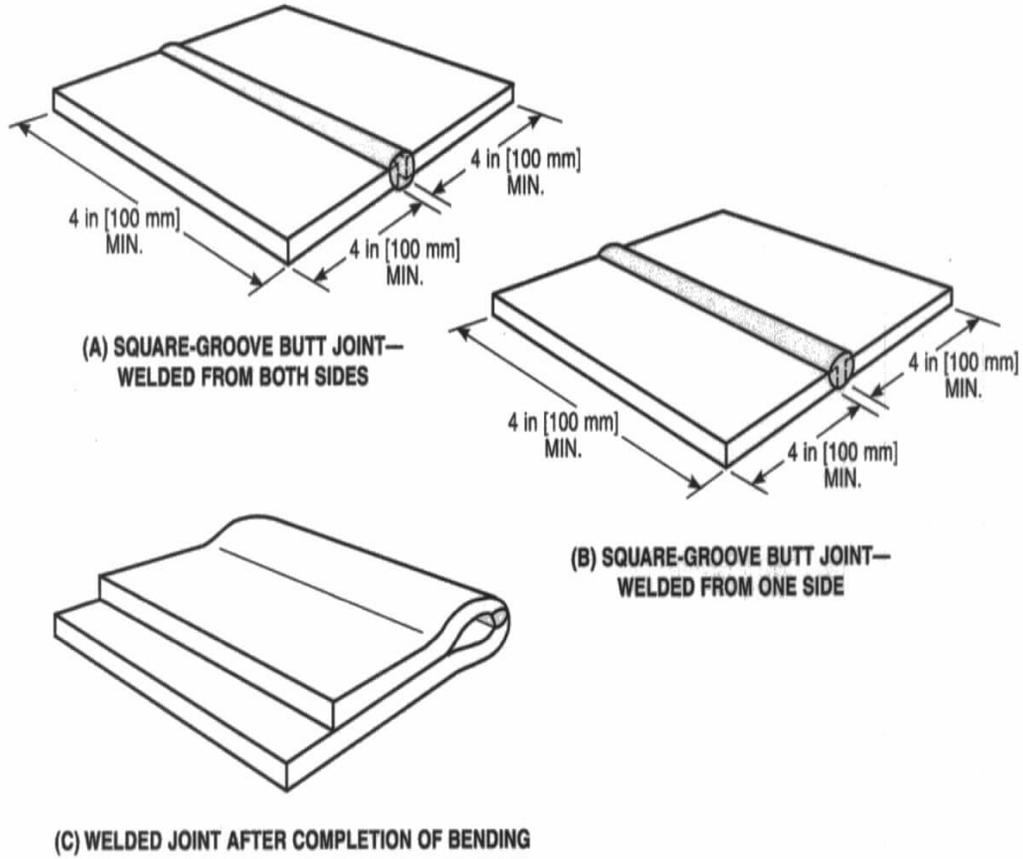


Figure 4.1—Test for Square-Groove Welds in Butt Joints [see 4.6.1.2(1)]

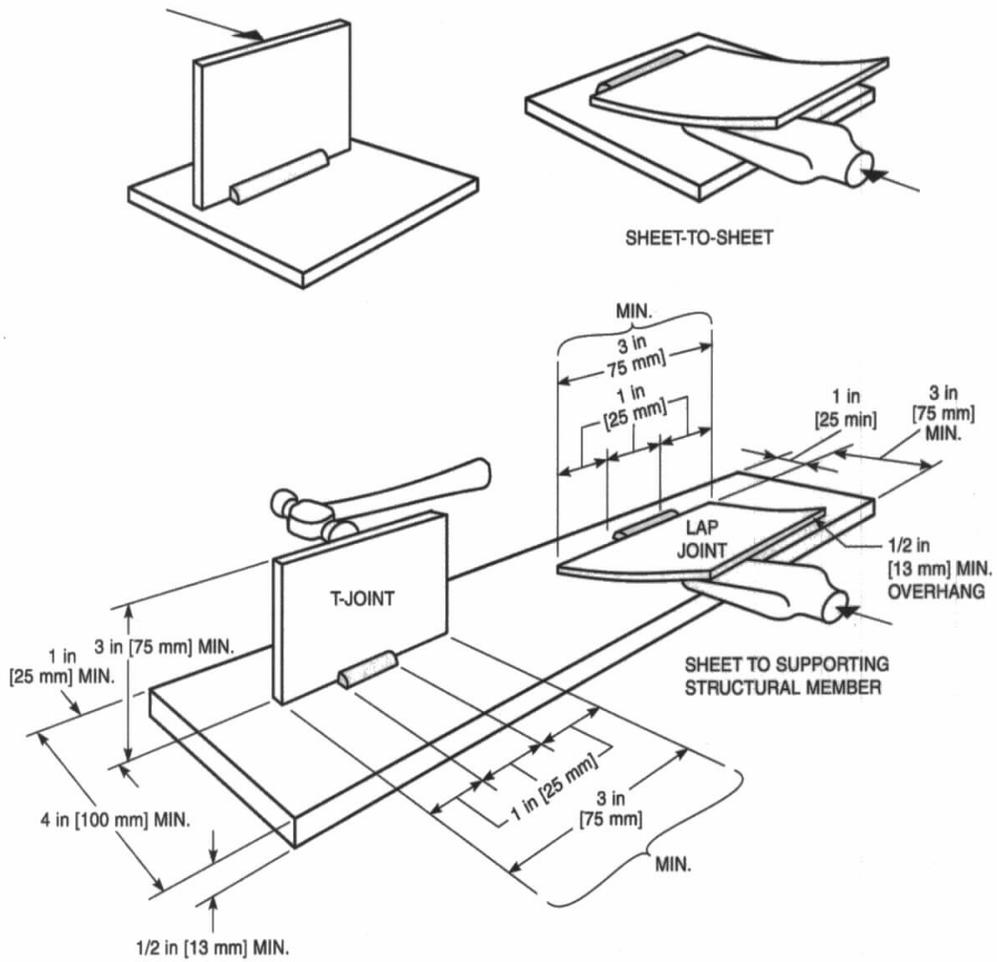


Figure 4.2A—Test for Fillet Welds [see 4.6.2.2(1)]

For personal use only; all rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without the prior written permission of the publisher.

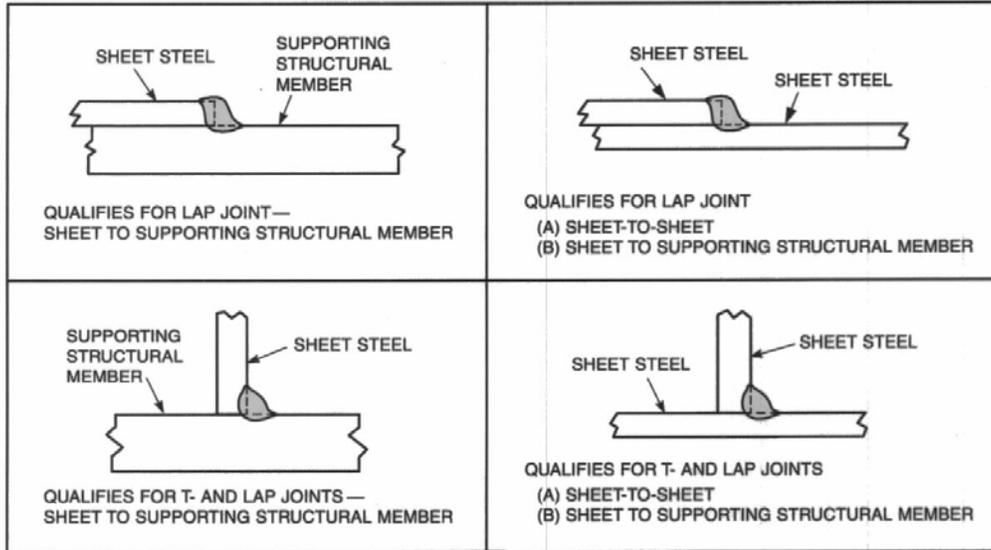


Figure 4.2B—Extent of Validity of Fillet Weld Qualifications (see 4.2.2.3)

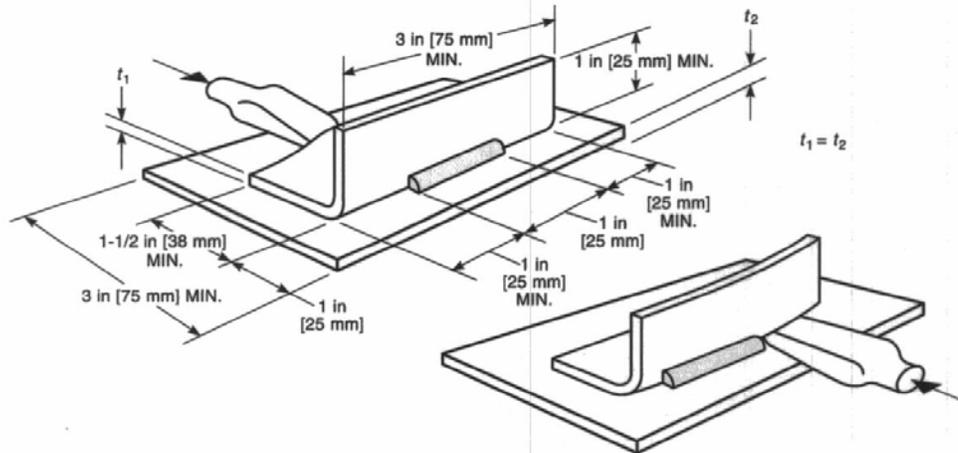


Figure 4.3A—Test for Sheet to Sheet Flare-Bevel-Groove Welds [see 4.6.3.2(1)(a)]

Single-user license only. Copying and networking prohibited.

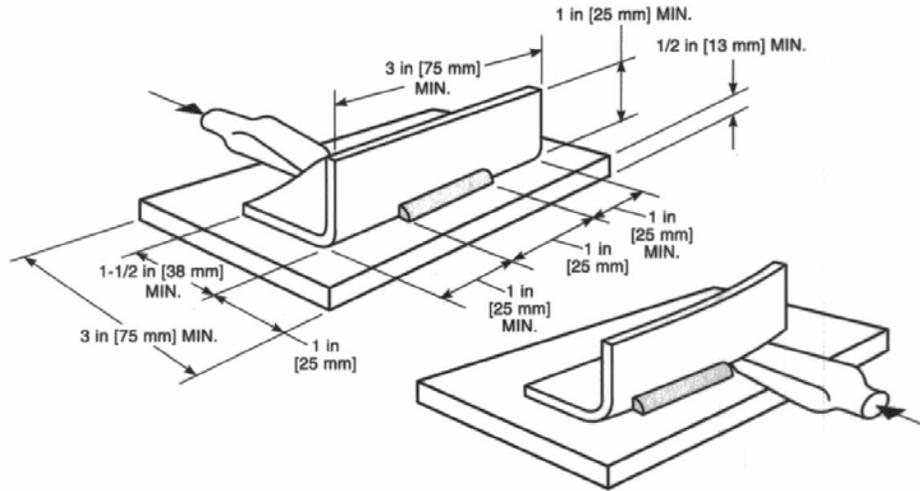


Figure 4.3B—Test for Sheet to Supporting Structural Member Flare-Bevel-Groove Welds [see 4.6.3.2(1)(b)]

User: 103027, Downloaded From: 111.202.01.111
 Single-user license only, copying and networking prohibited.

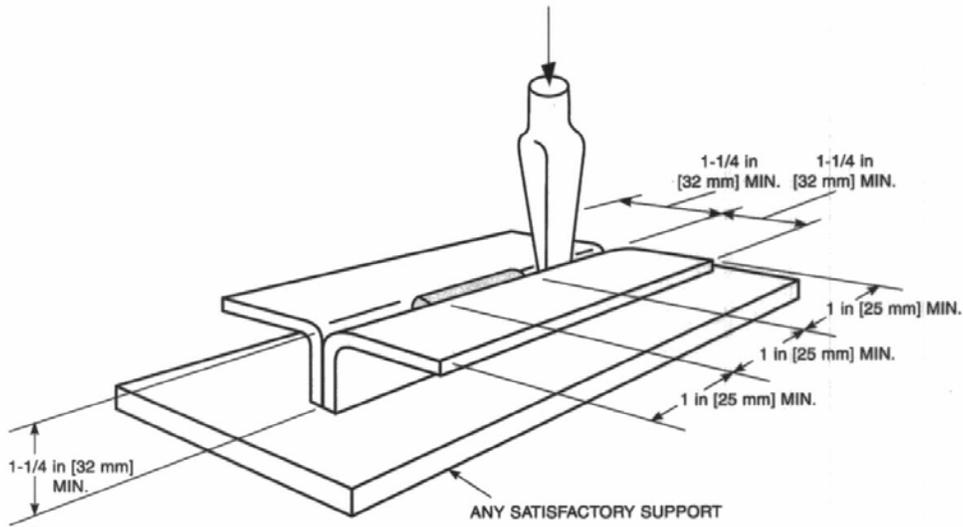


Figure 4.3C—Test for Flare-V-Groove Welds [see 4.6.3.2(2)(b)]

ANEXO B.4

EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E8:04 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials¹



Designation: E 8 – 03

American Association of State
Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: T88

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 8, 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 reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed, therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style Manual.

NOTE 2—Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. Test specimens made from powder metallurgy (PM) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 50 to 100°F unless otherwise specified.

1.2 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.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 356/A 356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines²

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³

B 557 Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]⁵

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁶

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

E 208 Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels⁵

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil⁵

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵

3. Terminology

3.1 **Definitions**—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 **discontinuous yielding**—in a uniaxial test, a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 **lower yield strength, LYS [FL^{-2}]**—in a uniaxial test, the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 **upper yield strength, UYS [FL^{-2}]**—in a uniaxial test, the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding at or near the onset of plastic deformation.

3.1.4 **yield point elongation, IPE**—in a uniaxial test, the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved July 10, 2003. Published September 2003. Originally approved in 1924. Last previous edition approved 2000 as E 8 – 01^{1a}.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If there is no point at or near the onset of yielding at which the slope reaches zero, the material has 0 % YPE.

3.1.5 *uniform elongation, E_{L_u} , [%]*—the elongation determined at the maximum force sustained by the test piece just prior to necking or fracture, or both.

3.1.5.1 *Discussion*—Uniform elongation includes both elastic and plastic elongation.

4. Significance and Use

4.1 Tension tests provide information on the strength and ductility of materials under uniaxial tensile stresses. This information may be useful in comparisons of materials, alloy development, quality control, and design under certain circumstances.

4.2 The results of tension tests of specimens machined to standardized dimensions from selected portions of a part or material may not totally represent the strength and ductility properties of the entire end product or its in-service behavior in different environments.

4.3 These test methods are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments. The test methods have been used extensively in the trade for this purpose.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machines*—Machines used for tension testing shall conform to the requirements of Practices E 4. The forces used in determining tensile strength and yield strength shall be within the verified force application range of the testing machine as defined in Practices E 4.

5.2 *Gripping Devices*:

5.2.1 *General*—Various types of gripping devices may be used to transmit the measured force applied by the testing machine to the test specimens. To ensure axial tensile stress within the gage length, the axis of the test specimen should coincide with the center line of the heads of the testing machine. Any departure from this requirement may introduce bending stresses that are not included in the usual stress computation (force divided by cross-sectional area).

NOTE 5—The effect of this eccentric force application may be illustrated by calculating the bending moment and stress thus added. For a standard 1/2-in. diameter specimen, the stress increase is 1.5 percentage points for each 0.001 in. of eccentricity. This error increases to 2.24 percentage points/0.001 in. for a 0.350-in. diameter specimen and to 3.17 percentage points/0.001 in. for a 0.250-in. diameter specimen.

NOTE 6—Alignment methods are given in Practice E 1012.

5.2.2 *Wedge Grips*—Testing machines usually are equipped with wedge grips. These wedge grips generally furnish a satisfactory means of gripping long specimens of ductile metal and flat plate test specimens such as those shown in Fig. 1. If, however, for any reason, one grip of a pair advances farther than the other as the grips tighten, an undesirable bending stress may be introduced. When liners are used behind the

wedges, they must be of the same thickness and their faces must be flat and parallel. For best results, the wedges should be supported over their entire lengths by the heads of the testing machine. This requires that liners of several thicknesses be available to cover the range of specimen thickness. For proper gripping, it is desirable that the entire length of the serrated face of each wedge be in contact with the specimen. Proper alignment of wedge grips and liners is illustrated in Fig. 2. For short specimens and for specimens of many materials it is generally necessary to use machined test specimens and to use a special means of gripping to ensure that the specimens, when under load, shall be as nearly as possible in uniformly distributed pure axial tension (see 5.2.3, 5.2.4, and 5.2.5).

5.2.3 *Grips for Threaded and Shouldered Specimens and Brittle Materials*—A schematic diagram of a gripping device for threaded-end specimens is shown in Fig. 3, while Fig. 4 shows a device for gripping specimens with shouldered ends. Both of these gripping devices should be attached to the heads of the testing machine through properly lubricated spherical-seated bearings. The distance between spherical bearings should be as great as feasible.

5.2.4 *Grips for Sheet Materials*—The self-adjusting grips shown in Fig. 5 have proven satisfactory for testing sheet materials that cannot be tested satisfactorily in the usual type of wedge grips.

5.2.5 *Grips for Wire*—Grips of either the wedge or snubbing types as shown in Fig. 5 and Fig. 6 or flat wedge grips may be used.

5.3 *Dimension-Measuring Devices*—Micrometers and other devices used for measuring linear dimensions shall be accurate and precise to at least one half the smallest unit to which the individual dimension is required to be measured.

5.4 *Extensometers*—Extensometers used in tension testing shall conform to the requirements of Practice E 83 for the classifications specified by the procedure section of this test method. Extensometers shall be used and verified to include the strains corresponding to the yield strength and elongation at fracture (if determined).

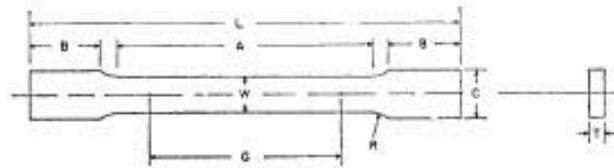
5.4.1 Extensometers with gage lengths equal to or shorter than the nominal gage length of the specimen (dimension shown as "G-Gage Length" in the accompanying figures) may be used to determine the yield behavior. For specimens without a reduced section (for example, full cross sectional area specimens of wire, rod, or bar), the extensometer gage length for the determination of yield behavior shall not exceed 80 % of the distance between grips. For measuring elongation at fracture with an appropriate extensometer, the gage length of the extensometer shall be equal to the nominal gage length required for the specimen being tested.

6. Test Specimens

6.1 *General*:

6.1.1 *Specimen Size*—Test specimens shall be either substantially full size or machined, as prescribed in the product specifications for the material being tested.

6.1.2 *Location*—Unless otherwise specified, the axis of the test specimen shall be located within the parent material as follows:



Dimensions	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 1½-in. Wide	Sheet-Type, ½-in. Wide	½-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 + ¼, - 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 section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used.

NOTE 5—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 1½-in. wide specimens shall be ¾ in. Maximum thickness of ½-in. and ¼-in. wide specimens shall be ¾ in. and ¼ in., respectively.

NOTE 6—For the 1½-in. wide specimen, a ½-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 ½-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 ½-in. wide specimens is over ¾ 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 ½-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

6.1.2.1 At the center for products 1½ in. or less in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.2.2 Midway from the center to the surface for products over 1½ in. in thickness, diameter, or distance between flats.

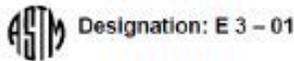
6.1.3 *Specimen Machining*—Improperly prepared test specimens often are the reason for unsatisfactory and incorrect test results. It is important, therefore, that care be exercised in the preparation of specimens, particularly in the machining, to maximize precision and minimize bias in test results.

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.

ANEXO B.5

EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E3:01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens¹



Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation E 3; 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 (ϵ) 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 The primary objective of metallographic examinations is to reveal the constituents and structure of metals and their alloys by means of a light optical or scanning electron microscope. In special cases, the objective of the examination may require the development of less detail than in other cases but, under nearly all conditions, the proper selection and preparation of the specimen is of major importance. Because of the diversity in available equipment and the wide variety of problems encountered, the following text presents for the guidance of the metallographer only those practices which experience has shown are generally satisfactory; it cannot and does not describe the variations in technique required to solve individual specimen preparation problems.

NOTE 1—For a more extensive description of various metallographic techniques, refer to Samuels, L. E., *Metallographic Polishing by Mechanical Methods*, American Society for Metals (ASM) Metals Park, OH, 3rd Ed., 1982; Petzow, G., *Metallographic Etching*, ASM, 1978; and Vanderhoff, G., *Metallography: Principles and Practice*, McGraw Hill, NY, 2nd Ed., 1999.

1.2 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.

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards*:
- A 90/A 90M Standard Test Method for Weight (Mass) of Coating on Iron and Steel with Zinc or Zinc-Alloy Coatings
 - E 7 Terminology Relating to Metallography²
 - E 45 Practice for Determining the Inclusion Content of Steel²
 - E 340 Test Method for Macroetching Metals and Alloys²
 - E 407 Test Methods for Microetching Metals and Alloys²
 - E 768 Practice for Preparing and Evaluating Specimens for Automatic Inclusion Assessment of Steel²

¹ This guide is under the jurisdiction of ASTM Committee E04 on Metallography and is the direct responsibility of Subcommittee E04.01 on Sampling, Specimen Preparation, and Photography.

Current edition approved April 10, 2001. Published July 2001. Originally published as E 3 - 21 T. Last previous edition E 3 - 95.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

- E 1077 Test Method for Estimating the Depth of Decarburization of Steel Specimens²
- E 1122 Practice for Obtaining JK Inclusion Ratings Using Automatic Image Analysis²
- E 1245 Practice for Determining the Inclusion or Second-Phase Constituent Content of Metals by Automatic Image Analysis²
- E 1268 Practice for Assessing the Degree of Banding or Orientation of Microstructures²
- E 1558 Guide to Electrolytic Polishing of Metallographic Specimens²
- E 1920 Guide for Metallographic Preparation of Thermal Sprayed Coatings²

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions used in this practice, refer to Terminology E 7.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *castable mount*—a metallographic mount generally made from a two component castable plastic. One component is the resin and the other hardener. Both components can be liquid or one liquid and a powder. Castable mounts generally do not require heat and pressure to cure.

3.2.2 *compression mount*—a metallographic mount made using plastic that requires both heat and pressure for curing.

3.2.3 *planar grinding*—is the first grinding step in a preparation procedure used to bring all specimens into the same plane of polish. It is unique to semi or fully automatic preparation equipment that utilize specimen holders.

3.2.4 *rigid grinding disc*—a non-fabric support surface, such as a composite of metal/ceramic or metal/polymer charged with an abrasive (usually 6 to 15 μ m diamond particles), and used as the fine grinding operation in a metallographic preparation procedure.

4. Significance and Use

4.1 Microstructures have a strong influence on the properties and successful application of metals and alloys. Determination and control of microstructure requires the use of metallographic examination.

4.2 Many specifications contain a requirement regarding microstructure; hence, a major use for metallographic examination is inspection to ensure that the requirement is met. Other

major uses for metallographic examination are in failure analysis, and in research and development.

4.3 Proper choice of specimen location and orientation will minimize the number of specimens required and simplify their interpretation. It is easy to take too few specimens for study, but it is seldom that too many are studied.

5. Selection of Metallographic Specimens

5.1 The selection of test specimens for metallographic examination is extremely important because, if their interpretation is to be of value, the specimens must be representative of the material that is being studied. The intent or purpose of the metallographic examination will usually dictate the location of the specimens to be studied. With respect to purpose of study, metallographic examination may be divided into three classifications:

5.1.1 *General Studies or Routine Work*—Specimens should be chosen from locations most likely to reveal the maximum variations within the material under study. For example, specimens could be taken from a casting in the zones wherein maximum segregation might be expected to occur as well as specimens from sections where segregation could be at a minimum. In the examination of strip or wire, test specimens could be taken from each end of the coils.

5.1.2 *Study of Failures*—Test specimens should be taken as closely as possible to the fracture or to the initiation of the failure. Before taking the metallographic specimens, study of the fracture surface should be complete, or, at the very least, the fracture surface should be documented. In many cases, specimens should be taken from a sound area for a comparison of structures and properties.

5.1.3 *Research Studies*—The nature of the study will dictate specimen location, orientation, etc. Sampling will usually be more extensive than in routine examinations.

5.2 Having established the location of the metallographic samples to be studied, the type of section to be examined must be decided.

5.2.1 For a casting, a section cut perpendicular to the surface will show the variations in structure from the outside to the interior of the casting.

5.2.2 In hot-worked or cold-worked metals, both transverse and longitudinal sections should be studied. Special investigations may require specimens with surfaces prepared parallel to the original surface of the product.

5.2.3 In the case of wire and small rounds, a longitudinal section through the center of the specimen proves advantageous when studied in conjunction with the transverse section.

5.3 Transverse sections or cross sections taken perpendicular to the main axis of the material are often used for revealing the following information:

5.3.1 Variations in structure from center to surface,

5.3.2 Distribution of nonmetallic impurities across the section,

5.3.3 Decarburization at the surface of a ferrous material (see Test Method E 1077),

5.3.4 Depth of surface imperfections,

5.3.5 Depth of corrosion,

5.3.6 Thickness of protective coatings, and

5.3.7 Structure of protective coating.

5.4 Longitudinal sections taken parallel to the main axis of the material are often used for revealing the following information:

5.4.1 Inclusion content of steel (see Practices E 45, E 768, E 1122, and E 1245),

5.4.2 Degree of plastic deformation, as shown by grain distortion,

5.4.3 Presence or absence of banding in the structure (see Practice E 1268), and

5.4.4 The microstructure attained with any heat treatment.

5.5 The locations of surfaces examined should always be given in reporting results and in any illustrative micrographs. A suitable method of indicating surface locations is shown in Fig. 1.

6. Size of Metallographic Specimens

6.1 For convenience, specimens to be polished for metallographic examination are generally not more than about 12 to 25 mm (0.5 to 1.0 in.) square, or approximately 12 to 25 mm in diameter if the material is cylindrical. The height of the specimen should be no greater than necessary for convenient handling during polishing.

6.1.1 Larger specimens are generally more difficult to prepare.

6.1.2 Specimens that are, fragile, oddly shaped or too small to be handled readily during polishing should be mounted to ensure a surface satisfactory for microscopical study. There are, based on technique used, three fundamental methods of mounting specimens (see Section 9).

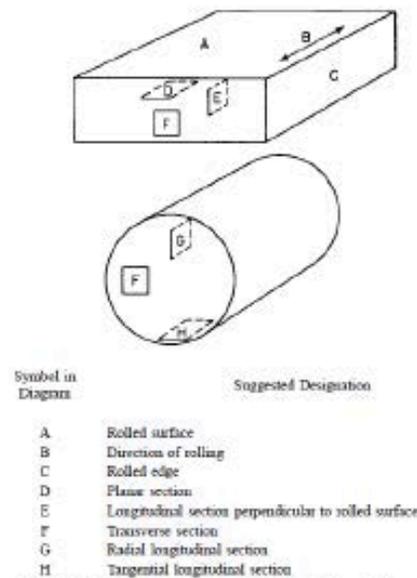


FIG. 1 Method of Designating Location of Area Shown in Photomicrograph.

7. Cutting of Metallographic Specimens

7.1 In cutting the metallographic specimen from the main body of the material, care must be exercised to minimize altering the structure of the metal. Three common types of sectioning are as follows:

7.1.1 Sawing, whether by hand or machine with lubrication, is easy, fast, and relatively cool. It can be used on all materials with hardnesses below approximately 350 HV. It does produce a rough surface containing extensive plastic flow that must be removed in subsequent preparation.

7.1.2 An abrasive cut-off blade will produce a smooth surface often ready for fine grinding. This method of sectioning is normally faster than sawing. The choice of cut-off blade, lubricant, cooling conditions, and the grade and hardness of metal being cut will influence the quality of the cut. A poor choice of cutting conditions can easily damage the specimen, producing an alteration of the microstructure. Generally, soft materials are cut with a hard bond blade and hard materials with a soft bond blade. Aluminum oxide abrasive blades are preferred for ferrous metals and silicon carbide blades are preferred for nonferrous alloys. Abrasive cut-off blades are essential for sectioning metals with hardness above about 350 HV. Extremely hard metallic materials and ceramics may be more effectively cut using diamond-impregnated cutting blades. Manufacturer's instructions should be followed as to the choice of blade. Table 1 lists the suggested cutoff blades for materials with various Vickers (HV) hardness values.

7.1.3 A shear is a type of cutting tool with which a material in the form of wire, sheet, plate or rod is cut between two opposing blades.

7.2 Other methods of sectioning are permitted provided they do not alter the microstructure at the plane of polishing. All cutting operations produce some depth of damage, which will have to be removed in subsequent preparation steps.

8. Cleanliness

8.1 Cleanliness (see Appendix X1) during specimen preparation is essential. All greases, oils, coolants and residue from cutoff blades on the specimen should be removed by some suitable organic solvent. Failure to clean thoroughly can prevent cold mounting resins from adhering to the specimen surface. Ultrasonic cleaning may be effective in removing the last traces of residues on a specimen surface.

8.2 Any coating metal that will interfere with the subsequent etching of the base metal should be removed before

polishing, if possible. If etching is required, when studying the underlying steel in a galvanized specimen, the zinc coating should be removed before mounting to prevent galvanic effects during etching. The coating can be removed by dissolving in cold nitric acid (HNO_3 , sp gr 1.42), in dilute sulfuric acid (H_2SO_4) or in dilute hydrochloric acid (HCl). The HNO_3 method requires care to prevent overheating, since large samples will generate considerable heat. By placing the cleaning container in cold water during the stripping of the zinc, attack on the underlying steel will be minimized. More information may be found in Test Method A 90/A 90M.

NOTE 2—Picral etchant produces little or no galvanic etching effects when used on galvanized steel.

NOTE 3—The addition of an inhibitor during the stripping of Zn from galvanized coatings will minimize the attack of the steel substrate. NEP (polyethylene-polyamine) or SnCl_2 are two useful inhibitors.

8.3 Oxidized or corroded surfaces may be cleaned as described in Appendix X1.

9. Mounting of Specimens

9.1 There are many instances where it will be advantageous to mount the specimen prior to grinding and polishing. Mounting of the specimen is usually performed on small, fragile, or oddly shaped specimens, fractures, or in instances where the specimen edges are to be examined.

9.2 Specimens may be either mechanically mounted, mounted in plastic, or a combination of the two.

9.3 Mechanical Mounting:

9.3.1 Strip and sheet specimens may be mounted by binding or clamping several specimens into a pack held together by two end pieces and two bolts.

9.3.2 The specimens should be tightly bound together to prevent absorption and subsequent exudation of polishing materials or etchants.

9.3.3 The use of filler sheets of a softer material alternated with the specimen may be used in order to minimize the seepage of polishing materials and etchants. Use of filler material is especially advantageous if the specimens have a high degree of surface irregularities.

9.3.4 Filler material *must* be chosen so as not to react electrolytically with the specimen during etching. Thin pieces of plastic, lead, or copper are typical materials that are used. Copper is especially good for steel specimens since the usual etchants for steels will not attack the copper.

9.3.5 Alternatively, the specimens may be coated with a layer of epoxy resin before being placed in the clamp in order to minimize the absorption of polishing materials or etchants.

9.3.6 The clamp material should be similar in composition to the specimen to avoid galvanic effects that would inhibit etching. The specimen will not etch if the clamp material is more readily attacked by the etchant.

9.3.7 The clamp should preferably be of similar hardness as the specimens to minimize the rounding of the edges of the specimens during grinding and polishing.

9.3.8 Exercise care in clamping the specimen. Excessive clamping pressure may damage soft specimen.

9.4 Plastic Mounting:

9.4.1 Specimens may be embedded in plastic to protect them from damage and to provide a uniform format for both

TABLE 1 Cutoff Blade Selection

Hardness HV	Materials	Abrasive	Bond	Bond Hardness
up to 300	non-ferrous (Al, Cu)	SiC	P or R	hard
up to 400	non-ferrous (Ti)	SiC	P or R	med. hard
up to 400	soft ferrous	Al_2O_3	P or R	hard
up to 500	medium soft ferrous	Al_2O_3	P or R	med. hard
up to 600	medium hard ferrous	Al_2O_3	P or R	medium
up to 700	hard ferrous	Al_2O_3	P or R/R	med. soft
up to 800	very hard ferrous	Al_2O_3	P or R/R	soft
> 800	extremely hard ferrous	CBN	P or M	hard
	more brittle ceramics	diamond	P or M	very hard
	tougher ceramics	diamond	M	ext. hard

P—phenolic
R—rubber
R/R—resin and rubber
M—metal

(Fuente: NORMA ASTM E 3:01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens1)

ANEXO B.6

Valor Ga (referencia normalizada que se hace del espesor)

Gauge (ga)	Standard Steel Thickness (inches)	Galvanized Steel Thickness (inches)	Aluminum Thickness (inches)
3	0.2391		0.2294
4	0.2242		0.2043
5	0.2092		0.1819
6	0.1943		0.1620
7	0.1793		0.1443
8	0.1644		0.1285
9	0.1495	0.1532	0.1144
10	0.1345	0.1382	0.1019
11	0.1196	0.1233	0.0907
12	0.1046	0.1084	0.0808
13	0.0897	0.0934	0.0720
14	0.0747	0.0785	0.0641
15	0.0673	0.0710	0.0571
16	0.0598	0.0635	0.0508
17	0.0538	0.0575	0.0453
18	0.0478	0.0516	0.0403
19	0.0418	0.0456	0.0359
20	0.0359	0.0396	0.0320
21	0.0329	0.0366	0.0285
22	0.0299	0.0336	0.0253
23	0.0269	0.0306	0.0226
24	0.0239	0.0276	0.0201
25	0.0209	0.0247	0.0179
26	0.0179	0.0217	0.0159
27	0.0164	0.0202	0.0142
28	0.0149	0.0187	0.0126
29	0.0135	0.0172	0.0113
30	0.0120	0.0157	0.0100
31	0.0105	0.0142	0.0089