

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



MAESTRÍA EN MECÁNICA
(COHORTE 2017)

TEMA:

**“ANÁLISIS DE SOLDABILIDAD DEL ACERO HSLA ASTM A1011 GR 50 Y
SU INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS
PARA BUSES”**

Trabajo de Investigación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Mecánica Mención
Diseño

Autor: Ing. Welligton Vladimir Poveda Almeida

Director: Ing. Yunapanta Velastegui José Luis

Ambato- Ecuador

2019

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

El tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ing. M.Sc Juan E. Garcés Ch, e integrado por los señores: Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg, Ing. Segundo Manuel Espín Lagos Mg, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS DE SOLDABILIDAD DEL ACERO HSLA ASTM A1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA BUSES”, elaborado y presentado por el señor: Ing. Welligton Vladimir Poveda Almeida, para optar por el Grado Académico de Magister en Mecánica mención Diseño; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. M. Sc Juan E. Garcés Ch.
Presidente del Tribunal



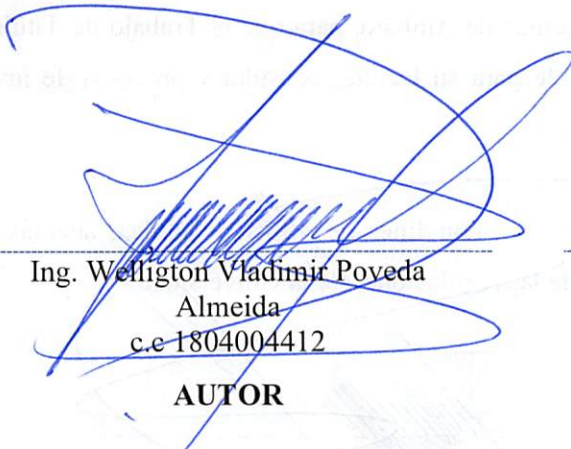
Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.
Miembro del Tribunal



Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.
Miembro del Tribunal

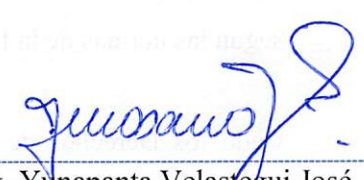
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: "ANÁLISIS DE SOLDABILIDAD DEL ACERO HSLA ASTM A1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA BUSES", le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Welligton Vladimir Poveda Almeida, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Yunapanta Velastegui José Luis, Mg., Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Welligton Vladimir Poveda
Almeida
c.e 1804004412

AUTOR



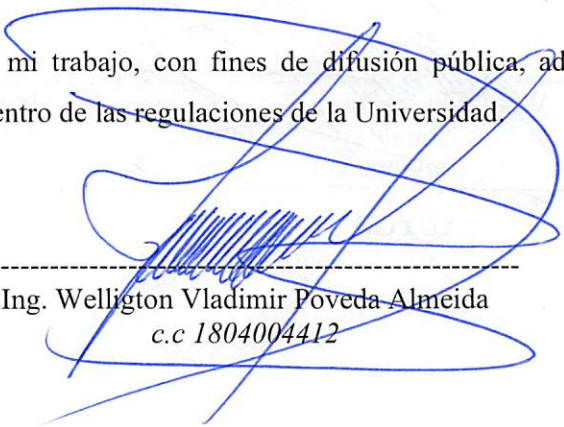
Ing. Yunapanta Velastegui José
Luis, Mg.
c.c 1801868090

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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



Ing. Welligton Vladimir Poveda Almeida
c.c 1804004412

DEDICATORIA

Es algo innegable no dedicar a algo o a alguien este trabajo investigación, en el cual se ha invertido mi valioso tiempo con lo cual se ha desarrollado y aprendido que la perseverancia a la final tiene sus frutos.

También es bueno acordarse de aquellas buenas y no tan buenas personas, que de una u otra manera estuvieron antes, durante y después del desarrollo de la investigación, quienes, con sus comentarios, lograron crear en mí, la dedicación suficiente para callar algunos, dar que hablar a otros y obtener las felicitaciones sinceras de unos pocos, demostrando así que si te lo propones lo consigues.

AGRADECIMIENTO

Es justo y necesario, como dice la oración dar las gracias a Dios y a su hijo “El Flaco” que me han mantenido con salud y así concluir una etapa de la vida.

A la Empresa VARMA S.A., y su cuerpo de ingeniería por su apoyo y buena predisposición para el desarrollo de esta Investigación.

A mi esposa Andrea Elizabeth Sánchez Altamirano y a mi hijo Jordi Nicolás, por su comprensión, paciencia y amor brindados durante todo el tiempo que duró la colegiatura, ya que he sacrificado su tiempo al no poder estar junto a mis Gusitos en varios momentos.

A mi familia propia y política, quiénes han podido suplir el papel de Padre con mi pequeño Nico, mientras yo cumplía con mis deberes de maestrante, pues sin ese gran apoyo y sacrificio nada valdría la pena hoy.

A los amig@s y panas, quienes de una u otra manera lograron hacer que esto sea más llevadero y lograron sacar varias buenas sonrisas cuando las cosas se ponían difíciles, a ell@s, gracias y que Dios les Pague.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	CAPÍTULO I.....	16
1.1	Tema.....	16
1.2	Planteamiento del problema.....	16
1.2.1	Contextualización.....	16
1.2.2	Análisis crítico	17
1.2.3	Prognosis	18
1.2.4	Formulación del problema	18
1.2.5	Preguntas directrices	18
1.2.6	Delimitación del problema.....	19
1.2.6.1	Delimitación de contenidos.....	19
1.2.6.2	Delimitación espacial	19
1.2.6.3	Delimitación temporal.....	19
1.3	Justificación.....	19
1.4	Objetivos	21
1.4.1	General	21
1.4.2	Específicos	21
2	CAPÍTULO II	22
2.1	Antecedentes Investigativos.....	22
2.2	Fundamentación teórica	23
2.2.1	Soldabilidad	23
2.2.2	AWS D1.3:2018.....	25
2.2.3	Proceso SMAW.....	25
2.2.4	Proceso GMAW	26
2.2.4.1	Bióxido de carbono.	28
2.2.4.2	Argón.	28
2.2.4.3	Soldadura MAG	29
2.2.4.4	Ventajas del proceso GMAW	29
2.2.4.5	Desventajas del proceso GMAW	29
2.2.4.6	Eficiencia de deposición	30
2.2.4.7	Factor de operación.	30
2.2.4.8	Tasa de deposición.	31
2.2.5	Tipos de juntas soldadas.....	34
2.2.5.1	Juntas a tope	34
2.2.5.2	Junta en T	34
2.2.6	Clasificación de los aceros automotrices	34
2.2.6.1	Aceros de baja resistencia:	35
2.2.6.2	Aceros de alta resistencia:	35
2.2.6.3	Aceros avanzados de alta resistencia:	35

2.2.6.4	Aceros de alta resistencia adicional:	35
2.2.6.5	Aceros de alta resistencia baja aleación HSLA.....	36
2.2.6.5.1	Designación de los aceros HSLA.....	38
2.2.6.5.2	Magnelis	38
2.2.7	Normas ASTM.....	39
2.2.7.1	Acero ASTM A500.....	40
2.2.8	Ensayos No Destructivos de materiales	40
2.2.8.1	Ensayo de tintas penetrantes	41
2.2.9	Ensayos Destructivos de Materiales.....	42
2.2.9.1	Ensayo de Tracción	42
2.2.9.1.1	Relacion de Poisson (μ).....	46
2.2.9.2	Ensayo Metalográfico	47
2.2.9.3	Ensayo de dureza.....	48
2.2.9.3.1	Dureza Brinell (HB).....	49
2.2.9.3.2	Dureza Vickers (HV).....	49
2.2.9.3.3	Escleroscopio.....	49
2.2.9.3.4	Durómetro.	50
2.2.9.4	Ensayo de Impacto	50
2.2.9.4.1	Ensayo Charpy	50
2.3	Fundamentación filosófica	51
2.4	Fundamentación legal	52
2.5	Categorías fundamentales	53
2.6	Hipótesis.....	53
2.7	Señalamiento de variables.....	53
2.7.1	Variable independiente.....	53
2.7.2	Variable dependiente.....	53
2.7.3	Término de relación	53
3	CAPÍTULO III.....	54
3.1	Enfoque	54
3.2	Modalidad Básica de la investigación.....	54
3.2.1	Investigación documental	54
3.2.2	Investigación de campo.....	55
3.2.3	Investigación de laboratorio.....	55
3.3	Nivel o tipo de investigación.....	55
3.3.1	Investigación Experimental.....	55
3.4	Población y muestra	55
3.4.1.1	Población.....	55
3.4.1.2	Muestra.....	56

3.5	Operacionalización de variables	58
3.5.1	Variable Independiente	58
3.5.2	Variable Dependiente.....	59
3.6	Recolección de la información.....	59
3.6.1	Técnicas e instrumentos utilizados en la observación.....	60
3.6.2	Técnicas e instrumentos documentales	60
3.7	Procesamiento y análisis	60
4	CAPÍTULO IV	62
4.1	Análisis de Resultados	62
4.1.1	Proceso de Análisis de Resultados.....	62
4.1.2	Preparación y obtención de las probetas	63
4.1.3	Soldadura de las probetas.....	64
4.1.3.1	Parámetros y técnica de soldadura	65
4.1.4	Inspección por tintas penetrantes	67
4.1.5	Corte y Mecanizado de probetas	68
4.2	Presentación de Resultados	72
4.2.1	Análisis de composición de los perfiles de acero.....	73
4.2.2	Análisis de tintas penetrantes	74
4.2.3	Ensayos metalográficos de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50	84
4.2.4	Ensayos metalográficos de Acero ASTM A500 Grado C	100
4.2.5	Ensayos de tracción de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50.....	116
4.2.6	Ensayos de tracción de Acero ASTM A500 Grado C.....	124
4.2.7	Ensayos de dureza de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50.....	132
4.2.8	Ensayos de dureza de Acero ASTM A500 Grado C.....	140
4.2.9	Ensayos de impacto de Acero ASTM HSLA A1011 Grado 50.....	148
4.2.10	Ensayos de impacto de Acero ASTM A500 Grado C.....	149
4.3	Interpretación de Resultados	150
4.3.1	Interpretación de los Ensayos de líquidos penetrantes.....	150
4.3.2	Interpretación de los Ensayos de Metalografía	151
4.3.2.1	Porcentaje de carbono en probetas ASTM HSLA A 1011 Gr 50	153
4.3.2.2	Porcentaje de carbono en probetas ASTM A500 Gr C.....	153
4.3.2.3	Análisis del tamaño de grano	154
4.3.3	Interpretación de los Ensayos de Tracción.....	155
4.3.3.1	Análisis de resistencia a la fluencia en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50	156
4.3.3.2	Análisis de resistencia a la fluencia en las probetas de ASTM A500 Grado C. 157	
4.3.3.3	Análisis de resistencia a la Tracción en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50.	158

4.3.3.4	Análisis de resistencia a la Tracción en las probetas de Acero ASTM A500 Grado C.	159
4.3.3.5	Análisis de la Elongación en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50	160
4.3.3.6	Análisis de la Elongación en las probetas de Acero ASTM A500 Grado C.	161
4.3.4	Interpretación de los Ensayos de Dureza.	162
4.3.5	Interpretación de los Ensayos de Impacto.....	164
4.4	Verificación de la Hipótesis.....	167
5	CAPÍTULO V.....	171
5.1	Conclusiones	171
5.2	Recomendaciones.....	173
6	CAPÍTULO VI.....	174
6.1	Datos informativos	174
6.2	Antecedentes de la propuesta	174
6.3	Justificación.....	175
6.4	Objetivos	176
6.4.1	Objetivo General	176
6.4.2	Objetivos Específicos.....	176
6.5	Análisis de factibilidad.....	176
6.5.1	Análisis tecnológico.....	177
6.5.2	Análisis económico	177
6.6	Fundamentación	177
6.7	Metodología	178
6.7.1	Procedimiento de soldadura de aceros HSLA en carrocerías de buses	178
6.7.2	Especificación del procedimiento de Soldadura para Acero HSLA A1011 Gr 50 con proceso GMAW	185
6.7.3	Registro de calificación del procedimiento de Soldadura para Acero HSLA A1011 Gr 50 con proceso GMAW.....	186
6.8	Administración.....	187
6.9	Previsión de la evaluación.....	188
	BIBLIOGRAFÍA.....	190
	ANEXOS.....	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas carroceras autorizadas por la Agencia Nacional de Tránsito	17
Tabla 2. Eficiencia de deposición en soldadura	30
Tabla 3. Factor de operación de soldadura.....	31
Tabla 4. Comparación entre procesos SMAW y GMAW	33
Tabla 5. Designación de los aceros HSLA.....	38
Tabla 6. Características generales de los métodos de ensayo y fórmulas para calcular la dureza	48
Tabla 7. Cantidades de cordones de soldadura en una estructura de un Bus Urbano 3 puertas lado derecho.....	56
Tabla 8. Cantidad de muestras a investigar.....	57
Tabla 9. Conceptualización de la variable Independiente.....	58
Tabla 10. Conceptualización de la variable dependiente.....	59
Tabla 11. Técnicas e instrumentos de evaluación.....	60
Tabla 12. Técnicas e instrumentos documentales	60
Tabla 13. Procesos de soldadura en las empresas fabricantes de carrocerías.	66
Tabla 14. Especificaciones técnicas para la soldadura.....	66
Tabla 15. Parámetros técnicos de los líquidos penetrantes utilizados	68
Tabla 16. Tabla de asignación de códigos.	72
Tabla 17. Composición química del acero galvanizado proporcionado para la investigación	73
Tabla 18. Resultados de líquidos penetrantes en probetas HSLA A1011 Gr 50	150
Tabla 19. Resultados de líquidos penetrantes en probetas ASTM A500 Grado C ..	151
Tabla 20. Resultados de tracción en probetas de HSLA A1011 Gr 50.....	152
Tabla 21. Resultados de tracción en probetas de ASTM A500 Grado C.....	152
Tabla 22. Resultados de tracción en probetas de HSLA A1011 Gr 50.....	155
Tabla 23. Resultados de tracción en probetas de ASTM A500 Grado C.....	156
Tabla 24. Resultados de dureza en probetas HSLA A1011 Gr 50.....	163
Tabla 25. Resultados de dureza en probetas ASTM A500 Grado C.....	164
Tabla 26. Resultados de impacto en probetas HSLA A1011 Gr 50.....	165
Tabla 27. Resultados de impacto en probetas ASTM A500 Grado C	165
Tabla 28. Probetas de impacto después de ser ensayadas.....	167
Tabla 29. Resumen evaluación de propiedades mecánicas.....	168
Tabla 30. Resumen evaluación de propiedades mecánicas.....	168
Tabla 31. Análisis de Varianza de la investigación	169
Tabla 32. Comparación de la unión soldada vs el metal base.....	170
Tabla 33. Procedimiento de soldadura de aceros HSLA con proceso GMAW	179
Tabla 34. Especificación del procedimiento de soldadura.....	185
Tabla 35. Registro de calificación del procedimiento de soldadura	186
Tabla 36. Rubros de gastos utilizados durante el proyecto.....	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de aceros en la carrocería automotriz	23
Figura 2. Diferentes elementos que conforman el proceso SMAW.....	26
Figura 3. Equipos para soldadura MIG-MAG	27
Figura 4. Tasa de deposición para procesos a) SMAW; b) GMAW.....	32
Figura 5. Esquema ilustrativo de una junta a tope	34
Figura 6. Esquema ilustrativo de una junta en T.....	34
Figura 7. Esquema de los aceros de mayor resistencia utilizados en la industria automotriz	36
Figura 8. Consumo de recubrimiento en entorno marino	39
Figura 9. Junta soldada evaluada con tintas penetrantes lavable en disolvente	41
Figura 10. Máquina utilizada para ensayo de tracción.....	42
Figura 11. Diagrama Esfuerzo- deformación.....	43
Figura 12. Prueba de tensión que muestra el diagrama de esfuerzo deformación unitaria de un material dúctil.....	46
Figura 13. Medición de dureza Rockwell B de aleación CuZnAl.	50
Figura 14. Esquema general del ensayo Charpy	51
Figura 15. Categorías fundamentales de la investigación.....	53
Figura 16. Esquema para el procesamiento y análisis de la investigación.....	61
Figura 17. Diagrama de flujo para el proceso de análisis y obtención de resultados	63
Figura 18. Perfiles de acero HSLA A1011 previo a la soldadura.....	64
Figura 19. Guía para la preparación de juntas a tope, filete y acanalada	64
Figura 20. Ensayo de tintas penetrantes a los cordones de soldadura.....	67
Figura 21. Perfiles para extracción de probetas.	68
Figura 22. Probetas para ensayo de metalografía.....	69
Figura 23. Probeta de tracción para placas delgadas.....	70
Figura 24. Probetas de tracción antes del ensayo.....	71
Figura 25. Probetas para ensayo de dureza.	71
Figura 26. Porcentaje de Carbono HSLA ASTM A1011 Gr 50	153
Figura 27. Porcentaje de Carbono ASTM A500 Grado C	154
Figura 28. Tamaño de grano (ASTM E112)	154
Figura 29. Resistencia a la fluencia (Sy) HSLA A1011 Gr 50.....	157
Figura 30. Resistencia a la fluencia (Sy) Acero A500 Grado C.	158
Figura 31. Resistencia a la Tracción (Sut) HSLA A1011 Gr 50.....	159
Figura 32. Resistencia a la Tracción (Sut) Acero A500 Grado C.....	160
Figura 33. Porcentaje de elongación en 2" HSLA A1011 Gr 50.....	161
Figura 34. Porcentaje Elongación en 2" Acero A500 Grado C	161
Figura 35. Comparación de elongación permisible del material base	162
Figura 36. Dureza HSLA ASTM A1011 Gr 50.	163
Figura 37. Dureza ASTM A500 Grado C	164

Figura 38. Comparación de la Energía de impacto absorbida por las probetas	166
Figura 39. Varianzas de los valores de resistencia de las probetas analizadas	169
Figura 40. Diagrama de procesos para la fabricación de carrocerías de buses	178

RESUMEN EJECUTIVO

Ésta investigación, se realizó en base a la gran cantidad de empresas fabricantes de carrocerías metálicas de buses que existen en el Ecuador, las cuales utilizan como proceso principal la soldadura, de esa manera, se realizó el análisis de soldabilidad entre el acero ASTM A500 Gr C y el HSLA ASTM A1011 Gr 50, para así, investigar su comportamiento en juntas soldadas de una sección de la estructura de la carrocería, en la que se analizó el tipo de junta, los parámetros y proceso de soldadura a utilizar.

Además, este trabajo se fundamentó de forma bibliográfica, donde, se encontró varios documentos con los cuales se logró sustentar de manera profunda la investigación realizada, al mismo tiempo, los ensayos químicos, mecánicos y físicos, que fueron realizados se los hizo con la colaboración de la empresa VARMA S.A., los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana y en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, así como cada inestimable personal técnico y talento humano de su área, para obtener las propiedades mecánicas de cada uno de los materiales, con la realización de ensayos como son: líquidos penetrantes, metalografía, dureza, tracción e impacto, para finalmente comparar los resultados e identificar la incidencia de cada uno de ellos en la fabricación de carrocerías.

Finalmente, se obtuvieron ciertas propiedades mecánicas del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 que superaron a las del acero ASTM A500 Gr C, con lo cual se concluye que estos resultados contribuyen tanto al desarrollo empresarial como al del país.

Descriptor: HSLA (Alta Resistencia y Baja Aleación), soldabilidad, tracción, análisis metalográfico, ensayos físicos, ensayos mecánicos

EXECUTIVE SUMMARY

This investigation carried out, based on the large number of companies that manufacture metal buses bodies, which exist in Ecuador, use welding as the main process, these performed the weldability analysis between the ASTM A500 Gr C steel and the HSLA ASTM A1011 Gr 50, to investigate their weldment behaviour of a section of the body structure, in which the type of joint, parameters and welding processes to be used were analyzed.

In addition, his work was based in a bibliographic way, where several documents were found with which it was possible to base this research in a profound way, at the same time, chemical, mechanical and physical tests were carried out with the cooperation of the company VARMA S.A., with the laboratories of the Faculty of Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato, the laboratories of the Salesian Polytechnic University and the Center for the Development of Carrocero Metallechanical Productivity, as well as every invaluable technical staff and human talent from each area, to determine the properties of each material by carrying out tests such as: penetrating liquids, metallography, hardness, tensile strength and impact, to finally compare the results and identify the incidence of each one on the manufacture of bodies.

Finally, some mechanical properties of HSLA ASTM A1011 Gr 50 steel were obtained, which outperformed ASTM A500 Gr C steel, thus concluding that these results contribute to both business and country development.

Keywords: HSLA (High Strength Low Alloy), Weldability, traction, metallographic analysis, physical tests, mechanical tests

CAPÍTULO I

1.1 Tema

“ANÁLISIS DE SOLDABILIDAD DEL ACERO HSLA ASTM A1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA BUSES”

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

A nivel internacional se puede encontrar varias empresas que fabrican Autobuses, una de las más reconocidas por calidad y cantidad de unidades fabricadas es Yutong, su planta matriz se encuentra en la ciudad de Zhengzhou, China; posee además otras plantas de producción y ensamblaje en 30 diferentes países con lo que, en 2016 lanzó al mercado 70.000 buses, en los cuales a más de construir con aceros con alto contenido de carbono también se utilizan aleaciones de aluminio y aceros HSLA (High Strength Low Alloy).

Otra marca reconocida a nivel mundial es la Europea Irizar, la cual se puede encontrar en países como Marruecos, Brasil, México y Sudáfrica, cuyos productos son reconocidos por su diversificación industrial y tecnológica logrando ser la mejor a nivel mundial.

Es importante nombrar también a los buses que son producidos en países latinoamericanos, como por ejemplo Brasil, en donde sus fábricas en estos últimos años han exportado autobuses a más de 60 países como Argentina, Uruguay, Colombia, México, Egipto, India, Portugal, Ecuador, Sudáfrica, entre otros, debido a la calidad del acero que se utiliza en la construcción de la estructura, los procesos de fabricación tecnificados y maquinaria de última generación, los hacen únicos e inigualables para satisfacer las necesidades de los clientes [1].

Al cuarto mes del año 2019, en el Ecuador existen 66 empresas fabricantes de carrocerías metálicas, en la Tabla 1, se describen las empresas fabricantes autorizadas por la ANT y su respectiva participación en el mercado a nivel nacional [2].

Tabla 1. Empresas carroceras autorizadas por la Agencia Nacional de Tránsito [2]

LISTADO DE EMPRESAS ACTIVAS AUTORIZADAS POR LA ANT, CON CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN VIGENTE		
PROVINCIA	CANTIDAD EMPRESAS	REPRESENTACIÓN A NIVEL NACIONAL
AZUAY	5	7,58%
CHIMBORAZO	6	9,09%
COTOPAXI	1	1,52%
GUAYAS	4	6,06%
IMBABURA	1	1,52%
MANABI	1	1,52%
PICHINCHA	16	24,24%
SANTO DOMINGO	4	6,06%
TUNGURAHUA	28	42,42%
TOTAL	66	100,00%

Sin embargo, dichas empresas no han tenido un crecimiento notable en comparación con sus competidoras de otros países, las empresas Ecuatorianas siguen utilizando métodos de construcción ortodoxos y aceros con alto contenido de carbono, lo que da como resultado estructuras robustas y pesadas; además el interés por parte de los gerentes en tecnificar los procesos de producción es escaso, y no se realiza inversión en la implementación de nuevos materiales estructurales, ni investigación en desarrollo tecnológico, lo que conlleva a una menor producción nacional y que cada vez exista un mayor número de unidades importadas.

1.2.2 Análisis crítico

Debido a la limitada investigación de soldabilidad y el desconocimiento de las propiedades de aceros HSLA en la fabricación de carrocerías metálicas para buses en la industria nacional, no se ha podido desarrollar nuevas aplicaciones industriales y otras opciones de productos.

Este tipo de acero ofrece grandes expectativas de aplicación en industrias de producción, es la razón que motiva a profundizar este estudio; para poder determinar parámetros desconocidos en la actualidad por ingenieros de diseño y producción.

La investigación es realizada en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, ya que cuenta con los equipos, instrumentos y el personal técnico capacitado para realizar los ensayos de Metalografía, así también en laboratorios de otras Universidades se realizó los ensayos de Tracción e Impacto, y finalmente en organismos o centros que se encuentran acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) se realizó el de Dureza, es fundamental destacar que los resultados obtenidos en esta investigación serán utilizados por la empresa fabricante e importadora del material, por los ingenieros y las empresas productoras de carrocerías metálicas de buses del país, y específicamente por la empresa Varma S.A., quienes aportan recursos para que la investigación se desarrolle.

1.2.3 Prognosis

La falta de estudios en el área de Construcción metalmecánica limitaría el desarrollo y procesos de fabricación de carrocerías de buses en nuestro país.

1.2.4 Formulación del problema

¿El análisis de soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 permitirá explicar su incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses?

1.2.5 Preguntas directrices

- ✓ ¿Se podrá analizar los parámetros y procesos de soldabilidad de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50?
- ✓ ¿Qué procesos de soldadura se podrá analizar en juntas soldadas utilizando acero HSLA ASTM A1011 Gr 50?
- ✓ ¿Cuáles serán las propiedades mecánicas que permitirán determinar la incidencia en juntas soldadas de una sección de la estructura de los laterales de una carrocería metálica?

1.2.6 Delimitación del problema

1.2.6.1 Delimitación de contenidos

Los parámetros están enmarcados dentro del campo de la Ingeniería Mecánica, específicamente en las líneas de investigación de la maestría que son: Edificación y Construcción – Desarrollo y Procesos de Fabricación, para lo cual se hizo uso de la red virtual y biblioteca física, además se emplearán normas y documentación relacionada con el tema a desarrollar.

1.2.6.2 Delimitación espacial

La presente investigación, análisis y ensayos de los materiales se lo realizó en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Civil y Mecánica, campus Huachi, en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana y en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero. La obtención del material se ejecutó a través de la empresa TUGALT quienes son importadores desde los Estados Unidos y VARMA S.A. quienes suministraron el acero galvanizado para realizar la comparación con el acero HSLA.

1.2.6.3 Delimitación temporal

La ejecución de esta investigación sobre el Análisis de soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y su incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses, se realizó durante el período establecido de Octubre 2017 hasta julio 2019.

1.3 Justificación

El término HSLA (Aleación de bajo contenido de carbono y alta resistencia) se refiere a un tipo de aleación de acero que proporciona mejores propiedades mecánicas y mayor resistencia a la corrosión que el acero al carbono. Los aceros HSLA pueden diferenciarse de otros aceros, ya que no se elaboran para cumplir con una composición química específica, sino más bien las propiedades específicas de mecánica. Cuentan con varios elementos de aleación como son: el manganeso y pequeñas cantidades de cobre, níquel, niobio, nitrógeno, vanadio, cromo, molibdeno, titanio, calcio, elementos de tierras raras, o zirconio. El cobre, titanio, vanadio y niobio se agregan con fines de

fortalecimiento. Estos elementos están destinados a alterar la microestructura de los aceros al carbono, que suele ser un agregado de ferrita-perlita, para producir una dispersión muy fina de aleación de carburos en una matriz de ferrita casi puro.

Los aceros HSLA son usados actualmente en varios países industrializados de la región en la fabricación de carrocerías metálicas de autobuses, haciéndolas superiores en resistencia, con un peso no tan elevado en comparación con las fabricadas a nivel nacional, las cuales al utilizar aceros al carbono incrementan considerablemente su peso.

Los nuevos materiales o aleaciones no son simplemente un nuevo tipo de material, como lo pueden ser las aleaciones de titanio o las superaleaciones; se presentan como una nueva filosofía en el campo de la ingeniería y el diseño. Es este hecho, el responsable de que los parámetros de diseño utilizados para este tipo de materiales sean diferentes a los utilizados para la mayoría de los materiales funcionales. Así, parámetros de diseño como son el límite y el módulo elástico, la resistencia máxima, la ductilidad, entre otros; son reemplazados por propiedades como: tensión de recuperación, velocidad de recuperación, temperatura de transformación, histéresis térmica, etc. [3].

La empresa Tugalt, se dedica a la elaboración de productos de acero, cuenta con una planta de producción ubicada en la ciudad de Cuenca (Panamericana Norte km 4.5) y 6 centros de acopio y distribución en varias ciudades del país; posee maquinaria y tecnología de punta, lo que le ha permitido estar en el mercado por más de 50 años ofreciendo productos de calidad acorde a las exigencias del consumidor, entre las líneas de producto que oferta al mercado ecuatoriano están: Maxitecho, Maxitubo, Maxiperfil, Maxizinc, Maxilosa, tubería rectangular y cuadrada con y sin recubrimiento anticorrosivo, la cual sirve y apoya con fuerza al desarrollo del sector de la construcción.

La empresa VARMA S.A. con 55 años en el mercado y 34 modelos de Buses autorizados por la Agencia Nacional Tránsito - ANT, con Certificado de Homologación Vigente, brindarán soporte técnico y apoyo para la utilización de equipos, materiales y operatividad para promover el desarrollo de la presente investigación.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Determinar los parámetros que permitan establecer la incidencia de la soldabilidad en dos juntas soldadas de una sección del lateral de la estructura de la carrocería utilizando acero HSLA ASTM A1011 Gr 50.

1.4.2 Específicos

- ✓ Analizar los parámetros y procesos de soldabilidad de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50.
- ✓ Analizar dos procesos de soldadura en un tipo de junta soldada utilizando acero HSLA ASTM A1011 Gr 50
- ✓ Especificar las propiedades mecánicas que permitirán determinar la incidencia en el tipo de junta soldada en una sección de la estructura de los laterales de una carrocería metálica.

CAPÍTULO II

2.1 Antecedentes Investigativos

Según el estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A36, A500 y su incidencia en las propiedades mecánicas de las juntas soldadas en la estructura de buses realizado por Juan Velasteguí, en la Universidad Técnica de Ambato en el año 2014, ha llegado a determinar que las juntas del acero ASTM A36 soldadas mediante el proceso GMAW tienen una mejor combinación de propiedades mecánicas, ya que tiene una mayor resistencia en el ensayo de dobléz, así como también una mayor resistencia a la tracción y porcentaje de elongación que las juntas soldadas con el proceso SMAW. También ha llegado a determinar que las juntas soldadas del Acero ASTM A500 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 [4].

En el artículo de los aceros avanzados realizado por Asdrubal Valencia G, Profesor del Departamento de Ingeniería de Materiales, Universidad de Antioquia, desarrolla una rápida introducción sobre un tema tan extenso, como es el de los aceros avanzados, donde la Ciencia de los Metales ha sido un eje primordial en el desarrollo de todo tipo de aceros, lo cual permitirá seguir aplicando más métodos de diseño, aleaciones cada vez más complicadas y obtener aceros cada vez con mejores características a los anteriores, En la Figura 1, se muestra la distribución y diferentes tipos de aceros, entre los cuales se encuentran los High Strength Low Alloy Steel (HSLA), debido a que en la actualidad los aceros avanzados son necesarios en varios sectores de la industria, desde la construcción de infraestructura hasta las aplicaciones electromagnéticas e industria automotriz [5].

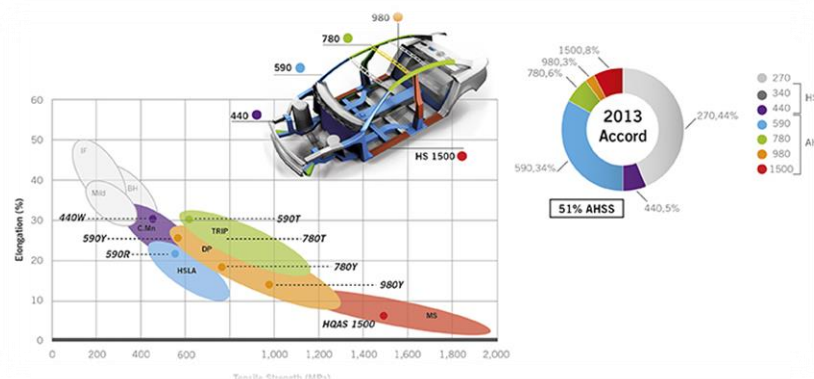


Figura 1. Distribución de aceros en la carrocería automotriz [5].

Además, la soldabilidad la define la AWS en su norma A3.0 sobre términos y definiciones: la capacidad de un material para ser soldado bajo ciertas condiciones de fabricación impuestas y que dicha soldadura se comporte satisfactoriamente durante el servicio para el que fue proyectado. De acuerdo con la norma DIN 8528 un material es soldable si con él puede hacerse una junta o unión que llene los requisitos relacionados con el comportamiento en servicio utilizando un proceso de producción ajustado a las propiedades del material. Como se observa, ambas definiciones, la de la AWS y la de la DIN, relacionan la soldabilidad tanto con la posibilidad de poderse hacer la unión bajo ciertas condiciones de fabricación impuestas (equipo, materiales, proceso de soldadura, control de distorsión, restricción, atmósfera, etc.) como con su posterior comportamiento durante las condiciones de servicio para las que fue proyectada (altas o bajas temperaturas, esfuerzos de compresión o tracción, resistencias al impacto, Creep, fatiga, corrosión, abrasión, etc.) [6].

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Soldabilidad

La soldabilidad de un material es una propiedad compleja, por lo tanto, no es fácil definirla de tal manera que abarque todo su significado. Frecuentemente se describe a la soldabilidad como la habilidad para unir o reparar un material o más específicamente un metal mediante soldadura. Teóricamente todos los metales pueden ser soldados, no obstante, la soldabilidad es un término mucho más amplio que relaciona el comportamiento en servicio, la posibilidad de producción, fabricación y diseño del elemento soldado, es decir, la soldabilidad no se puede considerar simplemente como la capacidad de un metal para ser unido con soldadura [6].

El alcance de la soldabilidad debe ser comprendido, entonces, desde el punto de vista de la fabricación y del servicio ya que no se ganaría nada desde el punto de vista de aplicación tecnológica con saber que un material es soldable y poder realizar su unión mediante un proceso de fabricación específico si dicha unión no va a garantizar un adecuado funcionamiento durante las condiciones en las que el proyectista necesita que trabaje. Por tal motivo se debe establecer en los conceptos un límite nítido que separe la soldabilidad de fabricación y la soldabilidad de servicio. La tendencia hacia la producción y utilización de aceros altamente aleados y tratables térmicamente resulta con frecuencia en un decremento en la soldabilidad de fabricación. De esta forma, el problema de agrietamiento inducido por hidrógeno, el cual fue muy común en los aceros de alto contenido de carbono usados en el pasado, puede reaparecer en los aceros aleados sino se toman las medidas necesarias de precalentamiento, poscalentamiento, parámetros de soldadura, manejo de consumibles, etc. [7].

Además del agrietamiento en frío de las soldaduras, otros problemas asociados con la soldabilidad de fabricación son el agrietamiento de solidificación (en caliente), agrietamiento por el tratamiento térmico de alivio de esfuerzos residuales, ruptura por Creep de la ZAT durante el alivio de esfuerzos, desgarre laminar, agrietamiento de soldaduras hechas con el proceso de electroescoria, entre otros [8, 9, 10].

La soldabilidad en servicio está estrechamente ligada al comportamiento de la unión soldada, como parte de una estructura, en las condiciones de operación y si ésta va a desempeñarse o no satisfactoriamente. Sin embargo, aunque la soldabilidad en servicio se centra en la necesidad de balancear y combinar las propiedades entre el metal de soldadura, la zona afectada por el calor y el metal base (las tres con propiedades diferentes) en una junta soldada, establecer la extrapolación de cómo van a funcionar las tres conjuntamente durante el servicio es una tarea compleja que todavía no ha sido resuelta. Se han realizado estudios en elementos soldados de diferentes tipos (recipientes a presión, vigas, estructuras, puente grúas, etc.) para estudiar el efecto que pueden tener las variables de soldadura tales como la entrada de calor, el tratamiento térmico posterior o los consumibles, desgraciadamente no existe, hasta el momento, un ensayo que pueda sustituir una prueba efectuada sobre un elemento soldado real para determinar cómo se comportará en el servicio, por lo que este aspecto ha sido y continuará siendo un problema para el diseño y fabricación de las construcciones soldadas. La prueba realizada sobre una pequeña región de un elemento soldado, por

ejemplo, un ensayo de impacto o un ensayo de tracción de la ZAT, aunque aporta ideas cualitativas, no revela necesariamente el comportamiento global del elemento soldado durante el servicio. Las exposiciones durante el servicio que pueden tener efecto en el comportamiento de elementos soldados son las temperaturas de trabajo altas o bajas que pueden fragilizar ciertos aceros o afectar su tenacidad, la exposición a medios gaseosos, líquidos o sólidos de diferentes naturalezas, las condiciones de aplicación de las cargas de servicio (estáticas, cíclicas, de impacto, etc.), entre otras [9, 11, 12].

2.2.2 AWS D1.3:2018

El código de soldadura de estructural cubre la soldadura en aceros al carbono y de baja aleación cuando el espesor nominal del material base es igual o menor de 3/16" (4.8 mm). Aplicados a estructuras tales como: pisos metálicos, paneles, bandejas de almacenamiento, escaparates, carrocerías, etc.

De manera general se puede describir que el código incluye los siguientes ítems:

- Cálculo de cargas admisibles.
- Detalles de las uniones soldadas.
- WPS precalificados.
- Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores.
- Soldadura de pernos.

2.2.3 Proceso SMAW

El proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW, de sus siglas del Inglés Shielded Metal Arc Welding). El proceso SMAW opera mediante el calentamiento del metal con un arco eléctrico que se forma entre una varilla de metal recubierta con un fundente (electrodo) y los metales que se quieren soldar. La Figura 2, ilustra los diferentes elementos que conforman el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW). El arco es creado entre el electrodo y la pieza de trabajo debido al flujo de electricidad produciendo el calor, o energía, necesario para fundir el metal base, el metal de aporte y el recubrimiento o fundente. Cuando el arco de soldadura se desplaza deja atrás el metal soldado solidificado cubierto con una capa de fundente transformado llamado escoria. Esta escoria tiende a flotar fuera del metal ya que solidifica tiempo después de que el metal fundido ha solidificado disminuyendo la probabilidad de que sea atrapada dentro de la unión soldada. Otro aspecto ilustrado

en la Figura 2, es la presencia de un gas protector que se produce cuando el recubrimiento del electrodo se calienta y descompone; estos gases generados del fundente protegen el metal fundido en las regiones cercanas a la formación del arco. El equipo requerido para el proceso SMAW es relativamente sencillo y consiste en una fuente de potencia de la cual salen dos cables, uno hacia la pieza de trabajo y otro hacia la pinza porta-electrodos. El electrodo y el metal base son fundidos por el calor producido de un arco creado entre el extremo del electrodo y la pieza de trabajo cuando ellos son acercados [13].

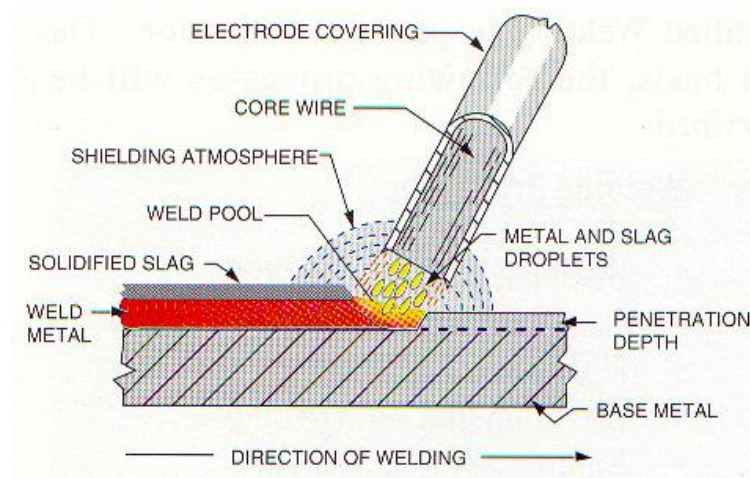


Figura 2. Diferentes elementos que conforman el proceso SMAW [13].

El elemento primario del proceso SMAW es el electrodo. Este se compone de una varilla maciza de metal (núcleo), de 14 o 18 pulgadas de longitud, recubierta con una capa de fundente granular la cual se mantiene adherida por algún tipo de agente de unión. Casi todos los electrodos revestidos usados para la soldadura de aceros al carbón o de aceros de baja aleación tienen esencialmente el mismo tipo de acero para el alambre, el cual es acero de bajo contenido de carbono. Cualquier elemento de aleación se suministra a través del recubrimiento ya que es la manera más económica de hacerlo.

2.2.4 Proceso GMAW

El proceso GMAW (también conocido como MIG en inglés, o con metal y gas inerte) es, un proceso con polaridad invertida, en el cual el electrodo consumible, sólido y desnudo, es protegido de la atmósfera generalmente por un gas en forma externa, de los cuales el más usado es el 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 automático.

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 más seguras y resistentes en las aplicaciones semiautomática y automática.

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 son protegidos con gas que puede ser inerte o activo que crea la atmosfera protectora. En la figura 3, se aprecia la instalación básica requerida para un equipo de soldadura GMAW. [14, 15]

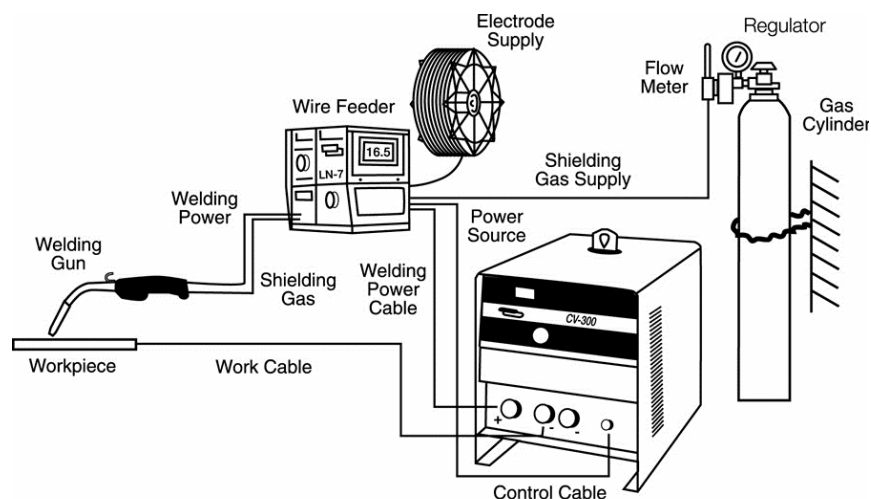


Figura 3. Equipos para soldadura MIG-MAG [15].

Uno de los tipos usados comúnmente es el que ocupa bióxido de carbono, este proceso está basado en la teoría de utilizar un alambre desnudo, para eliminar el revestimiento de los electrodos metálicos; las funciones del revestimiento deberán ser cubiertas por otro elemento, en este caso un gas (bióxido de carbono) que, introducido como medio protector, cubre el área del arco eliminando así el oxígeno y el nitrógeno del aire.

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

también incluyen elementos desoxidantes para limpiar el metal fundido. Se puede realizar mezcla con gases inertes, para las condiciones del arco, la ventaja es que 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 [14, p. 29].

2.2.4.1 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, este gas 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 él, 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 [16].

2.2.4.2 Argón

Dentro del proceso de soldadura GMAW también se ocupa una protección con gas inerte, el cual emplea el gas "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, una de las ventajas que se pueden recalcar es que produce soldaduras de gran calidad manteniendo el máximo de propiedades en las piezas soldadas y que se puede soldar cualquier metal puro o aleado [14, p. 29].

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 soldadura de metales no ferrosos, se puede combinar con

otro gas inerte (helio) y para metales ferrosos, se puede combinar con bióxido de carbono (CO₂).

2.2.4.3 Soldadura MAG

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

2.2.4.4 Ventajas del proceso GMAW

- ✓ Es un proceso que se puede realizar de forma manual, automática o semiautomática.
- ✓ La tasa de aportación es alta y presenta poca salpicadura de material fundido.
- ✓ Se pueden alcanzar velocidades altas de aportación y de avance, lo que reduce el tiempo de soldadura.
- ✓ Utiliza alambre continuo sin fundente, lo que elimina la formación de escoria y por consiguiente la limpieza entre pasadas.
- ✓ El proceso es sencillo por lo que el soldador no necesita ser muy hábil.
- ✓ La zona afectada termicamente se reduce al permitir velocidades de avance altas, lo que evita distorsiones o deformaciones de material.

2.2.4.5 Desventajas del proceso GMAW

- ✓ Requiere protección gaseosa del arco; el que se proporciona con un tanque de gas activo, inerte o combinado.
- ✓ El equipo de soldadura es un poco costoso, no es portable y requiere de mantenimiento periódico.
- ✓ El arco debe protegerse de corrientes de aire para que el gas de protección no se disperse en el ambiente.
- ✓ El arco eléctrico genera mayor radiación e intensidad, por lo que puede incomodar al soldador.
- ✓ Hay limitación en materiales usados como aporte de soldadura.

2.2.4.6 Eficiencia de deposición

Se refiere a la relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito. Como se aprecia en la Tabla 2, la soldadura SMAW con electrodo revestido (electrodo manual) ofrece la menor tasa de deposición, 60 – 70%, esto es porque existen pérdidas significativas en este proceso, las cuales se dan por colillas (10 – 15%) , por recubrimiento y escoria (10 – 40%) , por salpicaduras (5 – 15%), protección gaseosa (2 – 5%), entre otras.

Mientras que el proceso GMAW (MIG sólido) rinde el 90 % del metal de aporte puesto que generalmente se consume toda la bobina de alambre por lo que no hay pérdidas por colillas y las pérdidas por salpicaduras son mínimas; los procesos GTAW (TIG) y SAW (Arco sumergido) presentan una mejor eficiencia de deposición debido a su mayor estabilidad en el arco eléctrico.

Tabla 2. Eficiencia de deposición en soldadura [17].

Proceso	Eficiencia Deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG Sólido	90
MIG Tubular c/protección	83
MIG Tubular s/protección	79
TIC	95
Arco Sumergido	98

2.2.4.7 Factor de operación.

Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real o tiempo total pagado. Este factor se expresa en porcentaje y no solo depende del tipo de proceso sino también de la máquina que se emplee para la soldadura. [17, p. 31]

En la Tabla 4 se visualiza que el proceso SMAW (Electrodo manual) ofrece un factor de operación muy bajo por dos razones, se debe hacer el cambio de electrodo cuando este se haya consumido y también porque las máquinas presentan calentamiento de sus componentes internos mientras se genera el arco eléctrico. El proceso GMAW (MIG

sólido) al no necesitar reemplazar el electrodo y poseer autorregulación del arco, permite realizar soldaduras más sin interrupciones y emplea menos energía en ello.

Tabla 3. Factor de operación de soldadura [17].

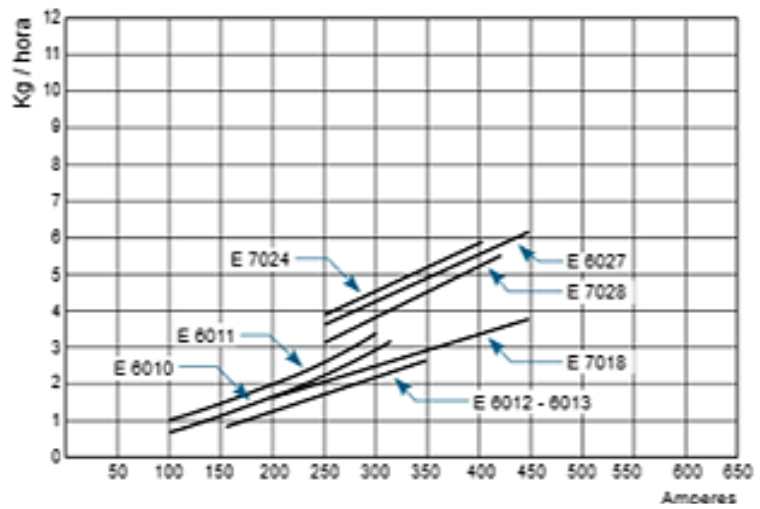
Proceso	Factor de Operación %
Electrodo manual	5 – 30
MIG Sólido	10 – 60
MIG Tubular	10 – 60
TIC	5 – 20
Arco Sumergido	50 – 100

2.2.4.8 Tasa de deposición

Es la cantidad de material depositado por unidad de tiempo, cuanto menor sea la velocidad mayor será la penetración y producirá recalentamiento, pero una velocidad alta producirá una soldadura muy irregular y con mayor número de defectos.

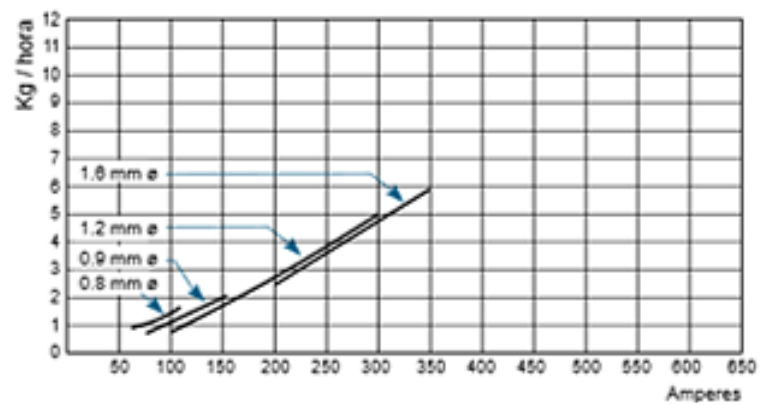
En la Figura 4, se visualiza la tasa de deposición para SMAW (a) y para GMAW (b). Como se aprecia en el proceso GMAW se puede obtener una tasa de hasta 6 kg/h con un amperaje de 350 A, mientras que el proceso SMAW supera los 6.2kg/h, pero usando una corriente de 450 A. Si bien es cierto que ambos valores son muy cercanos, este valor está muy relacionado con el factor de operación de la máquina.

Electrodo Manual



(a)

MIG Sólido

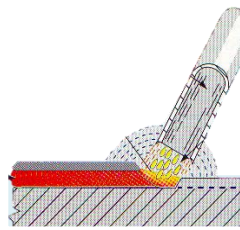


(b)

Figura 4. Tasa de deposición para procesos a) SMAW; b) GMAW [17].

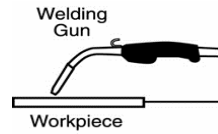
En base a los parámetros expuestos y las características de los procesos de soldadura se presenta la Tabla 4, en la que se hace una comparación con los dos procesos de soldadura.

Tabla 4. Comparación entre procesos SMAW y GMAW [13, 14].



SMAW

- Es aplicable a gran parte de metales y aleaciones.
- Se puede usar en espesores de 2mm en adelante.
- El proceso es exclusivamente manual.
- No requiere gases de protección para el arco, pues el revestimiento del electrodo ofrece dicha protección.
- El aporte de material es con electrodos revestidos que se los encuentra en gran variedad para diferentes aplicaciones.
- El equipo de soldadura es barato y puede ser portátil en aplicaciones domésticas.
- La tasa de aportación es baja por pérdidas en colillas, escoria, salpicaduras, etc.
- El tiempo de soldadura está limitado por el ciclo de trabajo y el recambio periódico del electrodo.
- El electrodo protege el arco, aunque debe estar protegido del agua, nieve, lluvia, polvo.
- El soldador debe poseer capacitación y cierto nivel de habilidad para soldar.



GMAW

- Es aplicable a aceros, aleaciones de aluminio y cobre.
- Permite unir placas de espesor muy delgado.
- El proceso se puede realizar de forma manual, automática o semiautomática.
- Requiere protección gaseosa del arco, con un tanque de gas activo, inerte o combinado.
- El aporte de material es con alambre sólido en bobinas que pueden usarse en variadas aplicaciones.
- El equipo de soldadura es un poco costoso, no es portable y requiere de mantenimiento periódico.
- La tasa de aportación es alta y presenta poca salpicadura de material fundido.
- Se pueden alcanzar velocidades altas de aportación y de avance, lo que reduce el tiempo de soldadura.
- El arco siempre debe estar protegido de factores externos que afecten a la protección gaseosa.
- El proceso es sencillo por lo que el soldador no necesita ser muy hábil.

En investigaciones hechas sobre la comparativa entre procesos de soldadura SMAW vs GMAW por Velástegui J. [4], se puede evidenciar que las propiedades mecánicas de aceros ASTM A36 soldados por proceso GMAW son mejores que al soldarlos con SMAW; mientras que en aceros ASTM A500 las propiedades mecánicas de soldaduras por proceso SMAW son ligeramente superiores a las uniones con GMAW.

De igual manera en la investigación de Rivadeneyra A. y Serrano O., en su Estudio comparativo de los procesos de soldadura SMAW y GMAW en las uniones de tuberías de transporte de combustible, concluyen que el proceso GMAW es un 52 % más económico que SMAW, ya que los costos de los materiales consumibles y su bajo rendimiento de los mismos elevan los costos generales para el proceso de soldadura SMAW [18].

2.2.5 Tipos de juntas soldadas

Principalmente existen cinco tipos de juntas soldadas, las cuales se definen como: a tope, en esquina, en T, en traslape y de borde. Su denominación se basa en la geometría de la unión y el diseño que se haya previsto.

2.2.5.1 Juntas a tope

Conocida como Butt joint o unión empalmada, es la más utilizada y sencilla porque consiste en unir dos piezas situadas en un mismo plano y no requiere de una preparación especial en materiales delgados. [19, 20]

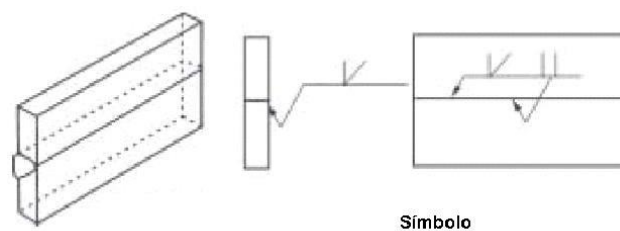


Figura 5. Esquema ilustrativo de una junta a tope [19].

2.2.5.2 Junta en T

Es la unión de ángulo interior o T-joint, es una variación de la junta en esquina, porque une placas ubicadas en planos diferentes, pero se conserva una sección del material en cada extremo en forma de "T"; permitiendo que el ángulo de unión sea de 90° o menor. La preparación de la junta aplica únicamente a una de las piezas y por lo general se suelda en ambos lados [19, 20].



Figura 6. Esquema ilustrativo de una junta en T [19].

2.2.6 Clasificación de los aceros automotrices

El acero se ha convertido en una parte integral de la vida en los países desarrollados industrialmente, lo que resulta más evidente en la industria automotriz. Al crecer la industria automotriz crecen también las demandas y requerimientos para los productores de aceros, los cuales a su vez para lograr ser competitivos controlan muy

estrechamente la calidad superficial, las tolerancias dimensionales y la uniformidad de las propiedades mecánicas de sus productos [21].

En el siglo XX, los fabricantes de automóviles reconocen que el secreto es poner el acero correcto en el lugar correcto. Ahora, la metalurgia moderna puede producir una variedad de grados de aceros. La formabilidad y estética fueron la máxima prioridad durante mucho tiempo; la resistencia no era una preocupación, ya que, si era necesario una mayor resistencia, se incrementaba el espesor de la lámina. Surgieron nuevas prioridades, tales como desempeño de seguridad, disminución de costos y reducción de peso para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de combustible [22].

También se incrementó la demanda por nuevos aceros, los cuales se detallan a continuación:

2.2.6.1 Aceros de baja resistencia:

- ✓ Libre de intersticiales (IF por su acrónimo Interstitial-Free).
- ✓ Aceros de bajo carbono.

2.2.6.2 Aceros de alta resistencia:

- ✓ Carbono-manganeso.
- ✓ Aceros endurecidos por envejecimiento/horneado (BH por su acrónimo Bake Hardenable)
- ✓ Libre de intersticiales de alta resistencia.
- ✓ Aceros de alta resistencia baja aleación (HSLA por su acrónimo High-Strength Low-Alloy Steel).

2.2.6.3 Aceros avanzados de alta resistencia:

- ✓ Doble fase (DP por su acrónimo Dual Phase).
- ✓ Plasticidad inducida por transformación (TRIP por su acrónimo Transformation-Induced Plasticity).
- ✓ Fases complejas (CP por su acrónimo Complex Phase).
- ✓ Aceros martensíticos (MS por su acrónimo Martensitic Steels).

2.2.6.4 Aceros de alta resistencia adicional:

- ✓ Ferrítico-bainíticos (FB por su acrónimo Ferritic-Bainitic).

- ✓ Plasticidad inducida por maclado (TWIP por su acrónimo Twinning-Induced Plasticity) [23].

Una segunda clasificación se basa en la resistencia del material, en la que se incluyen los aceros de alta resistencia (HSS por su acrónimo High-Strength Steels) y los aceros avanzados de alta resistencia (AHSS por su acrónimo Advanced High-Strength Steels) con una resistencia de cedencia de 210 a 550 MPa y un esfuerzo último de tensión de 270 a 700 MPa, mientras que los aceros de ultra alta resistencia (UHSS por su acrónimo Ultra-High-Strength Steels) tiene una resistencia de cedencia > 500 MPa y un esfuerzo ultimo de tensión > 700 MPa [24, 25].

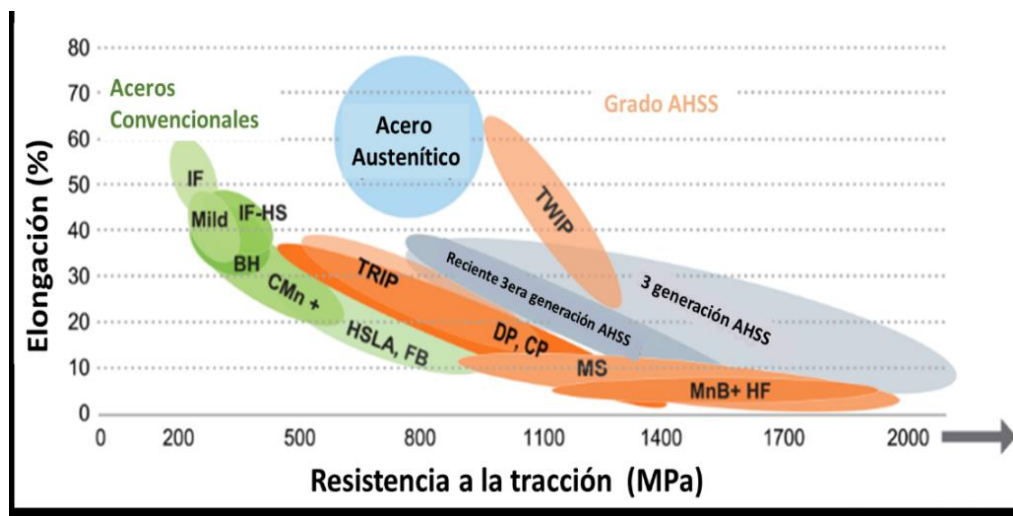


Figura 7. Esquema de los aceros de mayor resistencia utilizados en la industria automotriz [23].

Una tercera clasificación basada en propiedades mecánicas o parámetros de formado, tal como; elongación total, coeficiente de endurecimiento por deformación “n” [23] y la relación de expansión de boquete “λ”. La Figura 7, muestra de color verde los aceros convencionales y de alta resistencia convencionales y las elipses de colores corresponden a los aceros de alta resistencia avanzada, además los colores grises y naranja los nuevos aceros de mayor resistencia utilizados en la industria automotriz; esto corresponde a una comparación relativa de los diferentes tipos de aceros, aunque no se especifican los rangos de propiedades de cada uno.

2.2.6.5 Aceros de alta resistencia baja aleación HSLA

Las propiedades de los aceros actuales nada tienen que ver con las de los producidos años atrás. En la década de los ochenta, la industria del automóvil se revolucionó con la aparición de los llamados aceros HSLA (acrónimo de High Strength Low Alloy

Steel) que permitieron reducir el peso de las carrocerías en un 35%. Además, sus características mecánicas suponían un vuelco con respecto a los aceros al carbono convencionales: su límite elástico pasaba de 300 MPa —típico de los aceros hasta entonces empleado a 550 MPa, mejorándose sustancialmente la resistencia al impacto y a la torsión. Estos aceros con un contenido en C del 0,15% incorporaban distintas proporciones de aleantes como el Ti, V o Nb [26].

En estos últimos veinte años, y esto demuestra el dinamismo de la investigación científica, estos aceros han quedado superados por la nueva generación de aceros avanzados de alta resistencia, con cargas de rotura de hasta 1500MPa, por ejemplo, ¿se imagina colgar una masa de 150 kg de un hilo de sección 1 mm² sin que éste se rompa? Esta revolución ha dado como fruto la aparición de nuevas familias de aceros, como los de fase dual cuya microestructura está compuesta principalmente por ferrita, que proporciona ductilidad al material, e islas de martensita, que le confieren resistencia [26].

En algunos mercados, como el sector de los componentes automotrices, es necesario aumentar la resistencia del acero y al mismo tiempo reducir su peso. La combinación de resistencia e impacto también es importante. El acero de baja aleación y alta resistencia (HSLA, con una excelente combinación de resistencia, tenacidad y soldabilidad, se ha desarrollado en las últimas dos décadas para reemplazar los aceros de carbono comúnmente utilizados. Entre los elementos HSLA de micro aleaciones más típicas están el titanio, niobio y vanadio para el refinamiento del grano y el endurecimiento de la precipitación de carburo [27].

La bainita y la ferrita acicular se forman en el mismo rango de temperaturas, particularmente por debajo de la formación de temperatura de ferrita alotrópica y perla, y por encima de la martensita-inicio. Su mecanismo de formación, considerado similar para ambas fases, sigue siendo objeto de debate. La principal diferencia entre ambas fases está en su nucleación: mientras que la bainita se nuclea en los límites del grano de austenita, la ferrita acicular se nucleada intragranularmente en las inclusiones no metálicas presentes en el acero. La ferrita nucleada presente en la bainita forma grupos de placas paralelas con la misma orientación cristalográfica. Mientras tanto, las microestructuras de ferrita acicular conducen a una disposición aleatoria de las placas.

En particular, la ferrita acicular se caracteriza por morfologías entrelazadas de grano fino [27].

2.2.6.5.1 Designación de los aceros HSLA

De acuerdo con la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), los grados específicos de estos aceros son identificados en una nomenclatura de seis dígitos que describen el nivel de resistencia, composición química general, nivel general de carbono y desoxidación o control de inclusión de sulfuras como sigue:

Tabla 5. Designación de los aceros HSLA [28].

NÚMERO DE CARACTER	DESCRIPCIÓN
Primero, segundo y tercer	<i>Esfuerzo de cedencia:</i> expresado en miles de libras por pulgada cuadrada (ksi): 35, 40, 45, 50, 60, 70, y 80 expresados como 035, 040, 045, 050, 060, 070, y 080 respectivamente
Cuarto	<i>Composición química general:</i> X - Alta resistencia baja aleación, que puede ser, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Si, Ti, V, Zr cualquiera ligeramente o en combinación, con 10 ksi (70 MPa) de diferencia entre la especificación mínima de cedencia y resistencia a la tensión. Y - Con el mismo significado de X, pero con 15 ksi (100 Mpa) de diferencia entre la especificación mínima de cedencia y la resistencia a la tensión. Z - Con el mismo significado de X, pero con 20 ksi (140 Mpa) de diferencia entre la especificación mínima de cedencia y la resistencia a la tensión.
Quinto	<i>Nivel general de carbono:</i> H - Máximo nivel de carbono 0.23% L - Máximo nivel de carbono 0.13%
Sexto	<i>Práctica de desoxidación o de control de inclusión de sulfuros:</i> K - Calmado con práctica de grano fino. F - Calmado con práctica de grano fino y control de inclusiones de sulfuros (<5).

2.2.6.5.2 Magnelis

Magnelis es un recubrimiento fabricado por Arcelor Mittal. Se trata de una aleación de aluminio, magnesio y cinc que, según Arcelor Mittal, presenta importantes ventajas respecto al galvanizado por inmersión:

- ✓ Desempeño superior en ambientes agresivos (clorados y alcalinos).
- ✓ Desempeño superior en bordes gracias a la propiedad de auto cicatrización.

Según los estudios realizados por Arcelor Mittal en cámara de niebla salina y en locaciones costeras reales, en promedio Magnelis presenta una durabilidad tres veces superior respecto al galvanizado por inmersión. En la Figura 8, se muestra el consumo de espesor de recubrimiento para muestras de Magnelis y galvanizado en caliente, en una localización costera durante 5 años. Se observa el menor consumo del recubrimiento de Magnelis [29].

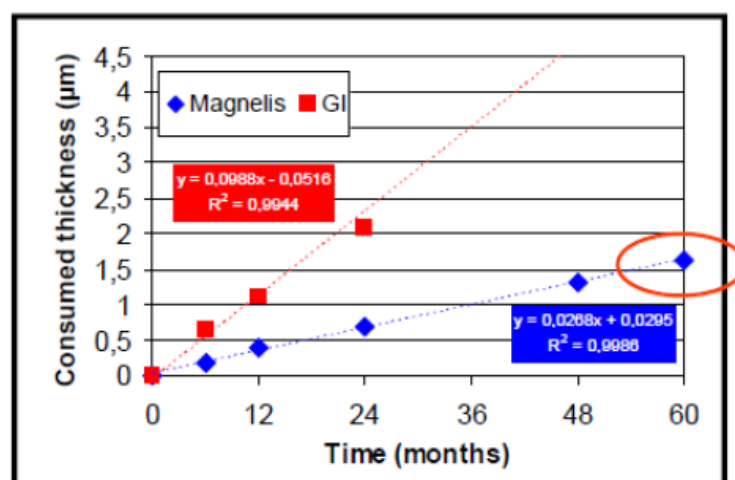


Figura 8. Consumo de recubrimiento en entorno marino [29].

El otro atributo destacable de Magnelis es su capacidad de auto cicatrización. Esto tiene la ventaja de que los bordes expuestos del producto trabajado, por corte o perforación, por ejemplo, se vayan paulatinamente recubriendo de óxido protector que impide el avance de la corrosión.

Otra ventaja de empleo de chapa con Magnelis para tubería y perfiles es que las limitaciones en lo referente a la longitud de los elementos se eliminan. Actualmente, por restricciones de las dimensiones de la cuba donde se realiza el tratamiento en donde se pueden galvanizar elementos de hasta 6 metros de longitud. Sin embargo, con Magnelis, no existe limitación en cuanto a las longitudes de los elementos, al ser fabricados con material pre-recubierto [29].

2.2.7 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 en 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 [30].

2.2.7.1 Acero 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) [30].

2.2.8 Ensayos No Destructivos (END)

Tal como lo dice su nombre estos ensayos no comprometen la integridad del espécimen a analizar y se obtienen resultados del material mismo que se busca estudiar. Existen varios tipos de ensayos no destructivos, pero todos comparten algunos lineamientos generales como una fuente o medio de sondeo, la detección de discontinuidades que alteren el sondeo y la forma de registrar estas alteraciones para interpretar su valor de acuerdo a estándares normalizados.

Al existir varios tipos de END es importante seleccionar en función de los resultados, el ensayo que aplica en cada situación y como se lo debe ejecutar; sin que sea un proceso excluyente, pues también se puede utilizar un compendio de ensayos al mismo material [31].

2.2.8.1 Ensayo de tintas penetrantes

Es una inspección superficial que aprovecha el principio de capilaridad que presentan los líquidos penetrantes.

El procedimiento consiste en aplicar el penetrante en una superficie limpia y depurada, este se lo deja actuar por un tiempo y se retira su exceso para aplicar un revelador que se encarga de descubrir el penetrante alojado en la falla. La huella del penetrante se inspecciona visualmente y sus características son evaluadas según la norma aplicable.

Existen dos clasificaciones de líquidos penetrantes, la primera es la forma de visualización, la cual contempla a los líquidos penetrantes coloreados y los fluorescentes; estos últimos son perceptibles bajo luz ultravioleta en un ambiente oscuro [31].

La otra clasificación de líquidos penetrantes se refiere a la forma de remoción; existen penetrantes lavables con agua, penetrantes lavables en disolventes y los post-emulsionables que requieren de una solución emulsionante para su remoción.



Figura 9. Junta soldada evaluada con tintas penetrantes lavable en disolvente
Fuente: El autor

Las normas aplicables a este ensayos están relacionadas con la forma, tamaño y tipo de material del que se pretenda inspeccionar por lo que en la fabricación de carrocerías de buses se usa la norma AWS D8.8 para acero y AWS D8.14 para aluminio, pero su inspección y calificación debe regirse a lo establecido en las normas AWS D1.2 para Aluminio, AWS D1.3 para acero negro o galvanizado y AWS D1.6 para acero inoxidable [31].

2.2.9 Ensayos Destructivos

Los materiales que se usan en ingeniería presentan en sus fichas técnicas las propiedades físicas, químicas y mecánicas; esta información se utiliza para predecir su comportamiento y definir sus aplicaciones. La forma en la que se obtuvo dicha información es a partir de ensayos y pruebas que a veces no son aplicables a casos de la vida diaria; por esta razón es conveniente describir los ensayos que serán parte de esta investigación y como sus resultados serán procesados [31].

Por lo general los ensayos destructivos se los realiza con especímenes o probetas estandarizadas en ambientes controlados, puesto que la seguridad de las personas que realizan los ensayos y la integridad de los materiales, es primordial para evitar comprometer los diferentes ensayos que se realicen, según las propiedades que se deseen obtener.

Para establecer la incidencia de soldabilidad en la fabricación de carrocerías metálicas para buses en esta investigación se medirán ciertas propiedades apartir de los siguientes ensayos.



Figura 10. Máquina utilizada para ensayo de tracción [Escuela Politécnica Salesiana, Laboratorio de resistencia de materiales]

2.2.9.1 Ensayo de Tracción

Es una prueba que mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Permite determinar varias propiedades mecánicas de los materiales tales como el módulo elástico, la tenacidad, la ductilidad, la resistencia y el endurecimiento por deformación. Las probetas que se usan para el ensayo deben estar normadas y pueden ser planas, cilíndricas o tubulares; dependiendo de la geometría. En la Figura 10, se muestra un esquema del ensayo de tracción, en caso de materiales metálicos se usan las siguientes normas: ASTM E8, ISO6892, EN 10002-1 [31, 32].

Un diagrama esfuerzo- deformación es el que se obtiene de un ensayo de traccion, al aplicar una carga baja a un material, este se deforma en proporcion lineal y al retirar la carga el material regresa a su longitud y forma original; se puede afirmar que presenta un comportamiento elástico.

Pero al incrementar el valor de la carga, la deformación se hace permanente y pierde su proporcion lineal dando paso a un comportamiento plástico que es irreversible. La curva que se genera para cualquier material sigue el esquema de la Figura 11, donde se aprecia el comportamiento elástico, el plástico y la fractura del material en función del incremento de carga aplicada [31, 32].

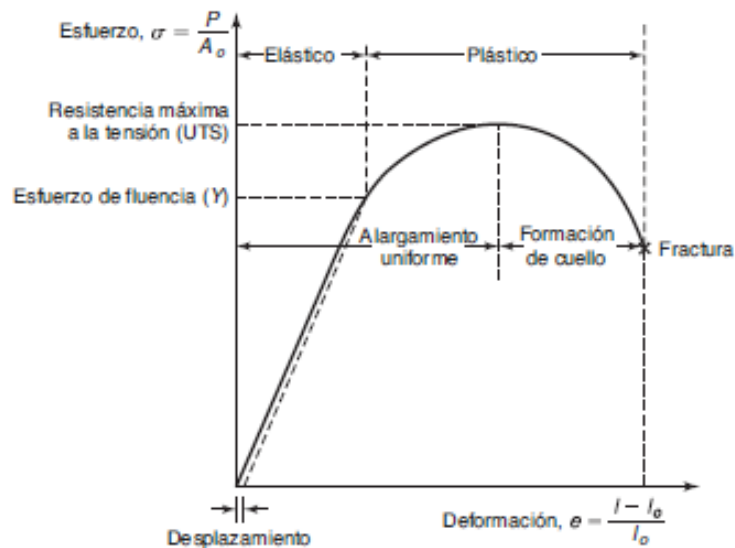


Figura 11. Diagrama Esfuerzo- deformación [32].

Del diagrama esfuerzo deformacion se pueden extraer varios valores que permitan definir las propiedades mecánicas del material, tales como:

- a. **Límite de proporcionalidad σ_p :** Se observa que va desde el origen hasta el punto llamado límite de proporcionalidad, es un segmento rectilíneo, de donde se deduce la tan conocida relación de proporcionalidad entre la tensión y la deformación enunciada en el año 1678 por Robert Hooke.
- b. **Límite de elasticidad o límite elástico σ_e :** Se llama límite elástico. Si la probeta se carga más allá de este punto, se dice que la deformación es plástica y que el material tomará una deformación permanente cuando se retire la carga. Entre pl y el , el diagrama no es una línea recta perfecta, aun cuando la probeta sea elástica. [33]

c. **Punto de fluencia σ_f** : Durante la prueba de tensión, muchos materiales llegan a un punto en el que la deformación unitaria comienza a crecer muy rápidamente sin que se observe un incremento correspondiente en el esfuerzo.

d. **Esfuerzo máximo σ_{max}** : Es la máxima ordenada en la curva esfuerzo-deformación.

e. **Esfuerzo ingenieril**

El diagrama de la Figura 12, se llama diagrama de esfuerzo-deformación unitaria ingenieril porque los esfuerzos y deformaciones calculadas no son valores verdaderos. El esfuerzo calculado en la ecuación (1) se basa en el área original antes de aplicar la carga. En realidad, a medida que se aplica la carga el área se reduce de manera que el esfuerzo real o verdadero es mayor que el esfuerzo de ingeniería. Se calcula como la fuerza aplicada sobre el área transversal inicial del material.

$$\sigma = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área inicial del material}} = \frac{F}{A_0}$$

Ec. 1

Donde:

σ = Esfuerzo Ingenieril [N/m²]

F = Fuerza Aplicada [N]

A₀ = Área inicial del material [m²]

f. **Esfuerzo real**

El esfuerzo real o verdadero, va a tener un valor mucho más alto que el esfuerzo ingenieril en la sección adelgazada, este se calcula como la fuerza aplicada sobre el área transversal instantánea o real [33].

$$\sigma_v = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área real o instantánea del material}} = \frac{F}{A}$$

Ec. 2

Donde:

σ_v = Esfuerzo Real [N/m²]

F = Fuerza Aplicada [N]

A= Área real o instantánea del material [m²]

g. Deformación unitaria

Se basa en el cambio neto de longitud a partir de la longitud original. Al graficar el diagrama de esfuerzo-deformación unitaria verdadera, se acostumbra usar un término llamado deformación unitaria verdadera o, algunas veces, deformación unitaria logarítmica.

La deformación unitaria verdadera es la suma de las elongaciones incrementales divididas entre la longitud calibrada actual a la carga *P*, o la cual se calcula como la deformación sobre la longitud inicial de la probeta.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Ec. 3

Donde:

ε = Deformación unitaria

ΔL = Cambio de longitud después de haber aplicado la fuerza. [mm]

L_0 = Longitud inicial entre marcas de calibración. [mm]

h. Resistencia a la fluencia (*S_y*)

Se define mediante un método de corrimiento como se muestra en la Figura 12, donde la línea *ay* se dibuja en la pendiente E. El punto *a* corresponde a una cantidad definida o establecida de deformación unitaria, usualmente 0.2 por ciento de la longitud calibrada original ($\varepsilon = 0.002$), aunque en ocasiones se usan también 0.01, 0.1 y 0.5 por ciento [33].

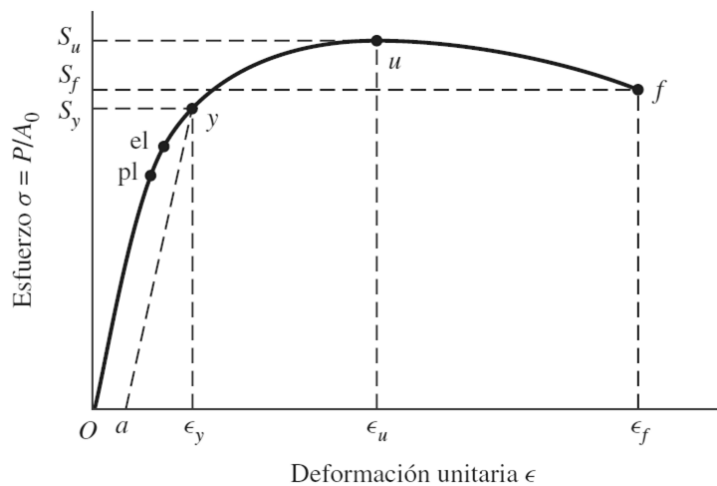


Figura 12. Prueba de tensión que muestra el diagrama de esfuerzo deformación unitaria de un material dúctil [32].

i. Resistencia a la tensión (S_{ut})

Corresponde al punto u en la figura 12, y es el esfuerzo máximo alcanzado en el diagrama de esfuerzo-deformación, algunos materiales exhiben una tendencia descendente después de alcanzar el máximo esfuerzo y se fracturan en el punto f del diagrama.

j. Modulo de elasticidad (E)

El módulo de elasticidad es fundamentalmente una medida de la pendiente de la porción elástica de la curva, y en consecuencia, de la rigidez del material. Cuanto mayor sea el valor de E , mayor será la carga requerida para alargar el espécimen en la misma medida y, por lo tanto, más rígido será el material.

k. Modulo de resiliencia (E_r)

El Modulo de resiliencia Se define como el área bajo la región elástica de la curva esfuerzo-deformación del material; tiene unidades de energía por unidad de volumen.

l. Relacion de Poisson (μ)

El alargamiento del espécimen sometido a tensión se acompaña de una contracción lateral; este efecto se puede observar fácilmente alargando una banda de hule. Al valor absoluto de la relación de deformación lateral a la deformación longitudinal se le conoce como relación de Poisson y se identifica mediante el símbolo μ [32].

m. Ductilidad

Un comportamiento importante observado durante un ensayo de tensión es la ductilidad, es decir, la medida de la deformación plástica que sufre el material antes de romperse. Existen dos medidas comunes de ductilidad, la primera es el alargamiento total del espécimen. donde l_f y l_o se miden, El alargamiento se basa en la longitud original calibrada del espécimen y se calcula como un porcentaje. La segunda medida de ductilidad es la reducción del área. [32]

$$\text{Alargamiento} = \frac{(l_f - l_o)}{l_o} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{Reducción del área} = \frac{(A_o - A_f)}{A_o} \times 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde A_o y A_f son las áreas transversales original y final (a la fractura), respectivamente, del espécimen de prueba. En general, la reducción del área y el alargamiento se relacionan entre sí. Por ello, la ductilidad de una pieza de gis es cero, porque no se alarga ni reduce su sección transversal. En contraste, un espécimen dúctil, como la goma de mascar, se alarga y estrecha de modo considerable antes de romperse.

2.2.9.2 Ensayo Metalográfico

El examen microestructural de materiales metálicos, no metálicos y aleaciones por vía microscópica es uno de los métodos principales que posee un investigador para verificar, comparar y hasta realizar el control de calidad de los materiales a utilizar, teniendo en cuenta la conocida relación entre la 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, 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

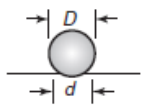



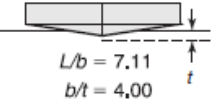
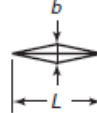
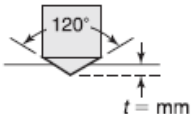

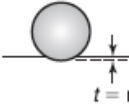

dentro de las variables que juegan en un análisis metalográfico, como son la calidad de lo que se quiere observar y la dimensión apropiada de su magnificación para interpretar el problema que se desea estudiar.

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 [14].

2.2.9.3 Ensayo de dureza

La dureza es la propiedad física de la capa superficial de un material a resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos de contacto locales inferidos por otro cuerpo más duro, el cual no sufre deformaciones residuales. Es decir que evalúa su resistencia tanto global como al rayado y desgaste [32].

Tabla 6. Características generales de los métodos de ensayo y fórmulas para calcular la dureza [32].

Ensayo	Indentador	Forma de la indentación		Carga, P	Número de dureza			
		Vista lateral	Vista superior					
Brinell	Bola de acero o de carburo de tungsteno de 10 mm			500 kg 1500 kg 3000 kg	$HB = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$			
Vickers	Pirámide de diamante			1-120 kg	$HV = \frac{1.854P}{L^2}$			
Knoop	Pirámide de diamante			25 g-5 kg	$HK = \frac{14.2P}{L^2}$			
Rockwell								
A } C } D }	Cono de diamante			60 kg 150 kg 100 kg	HRA } HRC } HRD } = 100 - 500t			
B } F } G }				Bola de acero de 1/16" de diámetro			100 kg 60 kg 150 kg	HRB } HRF } HRG } = 130 - 500t
E							Bola de acero de 1/8" de diámetro.	100 kg	HRE }

Para su medición existen varios métodos, como escalas de evaluación, todos debidamente normados; entre las más comunes tenemos Brinell, Vickers, Knoop y

Rockwell como se describe en la Tabla 7 se muestra brevemente las técnicas de ensayo, las distintas formas del penetrador y fórmulas de cálculo utilizadas.

2.2.9.3.1 Dureza Brinell (HB)

Consiste en la compresión de una bola de acero de carburo de tungsteno contra la superficie a analizar bajo una carga de 500 kilos a 3000 kilos; la huella que imprima la bola en el material será lo que permita calcular su dureza. Su procedimiento y análisis se encuentra en las normas ASTM E10, ISO 6506, JIS Z 2243.

En atención a la definición, el número de dureza Brinell se calcula a partir de la ecuación.

$$HBS \text{ o } HBW = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{F}{D^2} \left[\frac{\frac{2}{\pi}}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}} \right]; \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

F = Fuerza aplicada. N

A = Área. mm²

D = Diámetro del indentador o bola. mm

d = Diámetro de la huella o impresión. mm²

HBS para los casos en que se utilice bola de acero **HBW** para cuando se utilice bola de carburo de tungsteno

2.2.9.3.2 Dureza Vickers (HV)

Utiliza un indentador de diamante en forma de pirámide que se prensa contra el material, manejando una carga desde 1 kilo hasta 20 kilos y su huella de impresión es inferior a 0,5mm. El número de dureza es el misma sin importar la carga aplicada por lo que es comunmente destinado en materiales con una extensa gama de durezas [32]. La normativa que rige es ASTM E384, ISO 6507 y JIS Z 2244.

2.2.9.3.3 Escleroscopio

Es un instrumento que posee un indentador de diamante encapsulado en vidrio, se lo deja caer desde una altura específica y se mide la altura de rebote; cuanto mas alto mayor será la dureza del material. Es un instrumento portátil y la huella que deja es

casi imperceptible por lo que es usado en componentes de maquinaria sin desmontarlos [32].

2.2.9.3.4 Durómetro

Es utilizado para medir la dureza de materiales plásticos, hules y no metales. Oprime por 1s un indentador obtuso para materiales blandos y otro indentador agudo para materiales duros contra la superficie, aplicando cargas de 1kg y 5kg respectivamente; luego se mide la profundidad de penetración la cual es inversamente proporcional a su dureza [32].



Figura 13. Medición de dureza Rockwell B de aleación CuZnAl. [3].

2.2.9.4 Ensayo de Impacto

Sirve para cuantificar la energía disipada en la ruptura de un material (probeta) puesto que los componentes mecánicos están sometidos a cargas de impacto o cargas dinámicas.

La energía disipada se denomina tenacidad al impacto y se evalúa colocando un espécimen en un probador de impacto para romperlo con un péndulo en oscilación. Existen dos formas para este ensayo, la primera es Charpy donde la probeta es soportada en ambos extremos, mientras que en Izod lo sujeta por uno solo [34, 32].

2.2.9.4.1 Ensayo Charpy

Este ensayo consiste en romper una probeta simplemente apoyada en posición horizontal, por medio de un golpe en su punto medio, en donde previamente se le ha hecho una muesca. El martillo golpea en dirección opuesta a la muesca. El goniómetro de máximos permite conocer los ángulos de salida y llegada para establecer cuanta

energía absorbe la probeta antes y durante la ruptura, siendo este ensayo uno de los más utilizados industrialmente [34].

Presenta dos aplicaciones principales para materiales metálicos: la determinación de la temperatura de transición dúctil-frágil y como prueba de pasa-no-pasa de tenacidad a fractura.

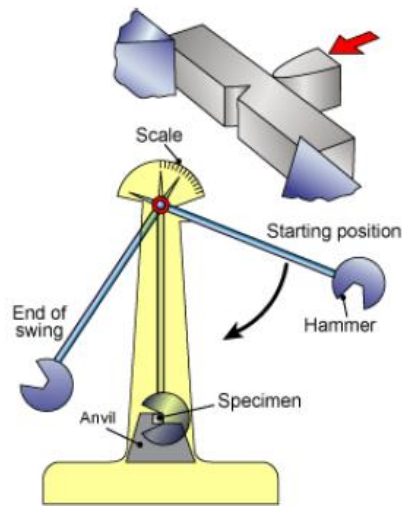


Figura 14. Esquema general del ensayo Charpy (Probeta y soportes arriba, Péndulo Charpy abajo) [35].

En la actualidad debido al importante desarrollo que ha tenido la mecánica de la fractura, se sabe que existe una correlación conservadora entre el resultado del ensayo Charpy (energía absorbida necesaria para producir la rotura de la muestra), y el factor de intensidad de tensiones crítico en modo I (K_{IC}). Este parámetro, uno de los utilizados para caracterizar de manera rigurosa el comportamiento a fractura de un material, se emplea en el cálculo de la predicción de la vida a fatiga de un componente mecánico [35].

2.3 Fundamentación filosófica

La presente investigación sobre el análisis de soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 se centra en el paradigma crítico propositivo; puesto que permitirá establecer criterios para determinar la incidencia del material en juntas soldadas y brindar una alternativa a la fabricación de carrocerías metálicas para buses.

2.4 Fundamentación legal

La presente investigación se desarrollará basada en realizar un aporte importante a la industria metalmeccánica en el ámbito de construcción de carrocerías metálicas de buses, y fundamentado en la Resolución: 2122-CU-P-2015, en la cual se aprobó el “Reglamento de titulación para obtener el grado académico de cuarto nivel de la Universidad Técnica de Ambato”, se describen los códigos, normas y demás documentos de sustento legal para el desarrollo de la investigación.

- ✓ ASTM E3 Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens
- ✓ ASTM E7 Standard Terminology Relating to Metallography
- ✓ ASTM E8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- ✓ ASTM E112 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size
- ✓ ASTM E1417 Standard Practice for Liquid Penetrant Testing
- ✓ ANSI / ASTM E-165 Práctica Recomendada para el Examen por Líquidos Penetrantes.
- ✓ ASTM E23 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials
- ✓ UNE-EN ISO 148. Metallic materials - Charpy pendulum impact test
- ✓ ISO 6506-1 Metallic Material- Brinell Hardness Test
- ✓ ISO 6507-1 Metallic Material- Vickers Hardness Test
- ✓ ISO 6892-1 Metallic Material- Tensile Test
- ✓ ISO 17639 Destructive Tests on welds in metallic materials – Macroscopic and microscopic examination of welds
- ✓ ANSI / AWS D1.3 Structural Welding Code – Sheet Steel
- ✓ ANSI / ASTM E-165 Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry
- ✓ ASNT SNT-TC-1A Recommended Practice for Personal Qualification and Certification in Nondestructive Testing.
- ✓ Código ASME Sección V, Artículos 6 y 24

2.5 Categorías fundamentales

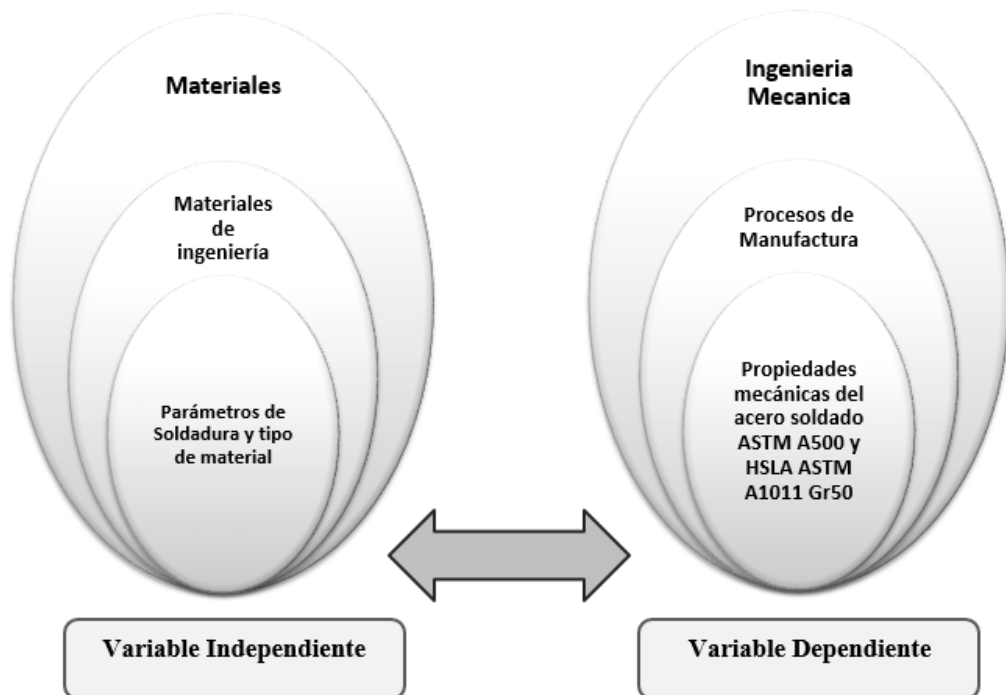


Figura 15. Categorías fundamentales de la investigación

Fuente: El autor

2.6 Hipótesis

¿El Análisis de soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 permitirá determinar la incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses?

2.7 Señalamiento de variables

2.7.1 Variable independiente

Parámetros de soldadura, tipos de material y uniones soldadas

2.7.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas de los aceros HSLA ASTM A1011 Gr 50 y ASTM A 500 Gr A en dos juntas soldadas.

2.7.3 Término de relación

Incidencia

CAPÍTULO III

3.1 Enfoque

El enfoque utilizado en esta investigación está basado en los paradigmas cuantitativo y cualitativo, debido a que en esta investigación se fundamentó en técnicas y paradigmas descritos, buscando construir objetivos para una completa comprensión de procesos hacia la verificación de la hipótesis, lo que colaboró a solucionar la temática de esta investigación.

De la misma manera de acuerdo con los paradigmas mencionados se hizo énfasis en los parámetros de soldadura, el tipo de material a soldar, el proceso de soldadura utilizado, con la finalidad de determinar la incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses y comparar propiedades mecánicas de los materiales utilizados para brindar opciones de aplicación industrial.

3.2 Modalidad Básica de la investigación

La presente investigación tiene un diseño basado en las siguientes modalidades de investigación:

3.2.1 Investigación documental

El propósito de este tipo de investigación fue recolectar, comparar, ampliar, profundizar y validar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, libros, tesis, documentos y normas, que permitió dar el sustento técnico y documental para determinar los parámetros de la soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y su incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses, la cual ya se desarrolló, con el apoyo de la biblioteca virtual y física de la Universidad Técnica de Ambato, red de repositorios de acceso abierto del Ecuador (RRAAE) y artículos especializados disponibles en ScienceDirect.

3.2.2 Investigación de campo

La investigación se realizó en el campo experimental, pues se efectuó varios ensayos o experimentos los cuales permitieron recolectar información para el desarrollo de la investigación. La investigación de campo se desarrolló de manera experimental, con la colaboración de la empresa TUGALT quienes suministraron de algunas muestras de material HSLA ASTM A1011. Además, a través de IPAC y CONDUIT se adquirirá el acero ASTM A500.

Así también, para obtener las probetas para la investigación, se contó con la colaboración de la empresa VARMA S.A; donde se efectuó la preparación, corte y soldadura a los aceros, con los respectivos documentos de sustento y soporte técnico del soldador calificado, como los parámetros de soldadura para ejecutar la investigación.

3.2.3 Investigación de laboratorio

La presente investigación se desarrolló en gran parte en el laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en el Laboratorio del Centro de Fomento Carrocero de Tungurahua y en laboratorios de otras Universidades e Instituciones que posean los equipos e instrumentos necesarios para entregar informes y resultados válidos.

3.3 Nivel o tipo de investigación

3.3.1 Investigación Experimental

Según la intervención del investigador, se realizó la investigación de tipo experimental, la que se efectúa normalmente cuando el objetivo es examinar un tema y/o problema de investigación poco estudiado en el medio, además permite planificar los experimentos para la obtención de los datos y validar las variables de interés investigativo, en el comportamiento de los diferentes procesos de soldadura utilizados, en dos diferentes aceros de una sección de la estructura de un bus, comparando de manera transversal las probetas de los aceros en cada ensayo realizado.

3.4 Población y muestra

3.4.1.1 Población

La población para esta investigación fue:

Plancha, tubería cuadrada y/o rectangular de acero HSLA ASTM A1011 GR 50 y ASTM A500 Grado C, obtenidos de la empresa Tugalt, basados en el tipo de junta soldada a tope, basados en los diseños de las estructura metálicas de buses de fabricación nacional, los cuales en su mayor parte de construcción de la estructura del Autobús utilizan este tipo de juntas de soldadura tanto en la estructura del frente, respaldo, laterales y piso o plataforma, donde en la empresa Varma S.A., en su línea de producción se fabrican buses Urbanos, con una producción mensual de 12 unidades al mes (en el período enero – abril del año 2019), donde gracias a la colaboración del ingeniero encargado del área de producción se ha podido identificar las siguientes cantidades de cordones de soldadura según el tipo de juntas antes descritas, en las cuales se pretende realizar varios ensayos, como se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Cantidades de cordones de soldadura en una estructura de un Bus Urbano 3 puertas lado derecho [Varma S.A.]

Descripción de la estructura	Cantidad de cordones de soldadura
Frente	314
Respaldo	148
Lateral derecho	464
Lateral izquierdo	507
Piso o plataforma	604
Techo	312
Anclajes (bajo piso)	327

3.4.1.2 Muestra

La muestra es con el fin de investigar a partir del conocimiento de las características particulares, las propiedades de la población, para este caso fueron las probetas que se obtuvieron del acero HSLA ASTM A1011 GR 50 y ASTM A500 Grado C; las que se compararon con estudios y catálogos de los diferentes ensayos que se analizaron de las juntas soldadas, aplicando el proceso de soldadura, GMAW, el que es más utilizado en la fabricación de carrocerías metálicas para buses, estas probetas se evaluaron con ensayos de líquidos penetrantes (para de esta manera asegurar la validez del experimento y el estado de los cordones de soldadura).

Se utilizó la fórmula por proporciones, basada en el porcentaje de la fracción de la población de la cual vamos a obtener la muestra:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + (z^2 * p * q)}$$

Ec. 7

Donde:

z: número de desviaciones estándar (95% corresponde al valor 1,96)

p: probabilidad de éxito.

q: (1 - p) probabilidad de fracaso. Para el estudio se asume el supuesto de máxima variabilidad estadística p=q=50%

e: margen de error. Se asume un error del 6% para que el estudio sea conclusivo y se puedan inferir los resultados de la muestra a la población.

N: tamaño de la población.

n: tamaño de la muestra

$$n = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50 * 8}{(0.06^2 * (8 - 1)) + (1.96^2 * 0.50 * 0.50)}$$

$$n = \frac{7.6832}{0.9856}$$

$$n = 7.795$$

Por lo tanto, el tamaño de la muestra para cada tipo de soldadura será de 8 muestras por ensayo.

Tabla 8. Cantidad de muestras a investigar.

MUESTRAS DE LA INVESTIGACIÓN			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	MATERIAL		NORMA/ CÓDIGO
	HSLA ASTM A1011 Gr 50	ASTM A 500 Grado 50	
Tracción	8	8	ASTM E8 ISO 6892-1
Metalografía	8	8	ASTM E3 ISO 17639
Dureza	8	8	ISO 6506-1 ISO 6507-1
Impacto	8	8	ASTM E23 ISO 148-1

Fuente: El autor

3.5 Operacionalización de variables

3.5.1 Variable Independiente

Parámetros de soldadura, tipos de material y uniones soldadas

Tabla 9. Conceptualización de la variable Independiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metálicos o termoplásticos), logrado a través de la fusión del material base y varias veces también el material de aporte, cuyos materiales al enfriarse se convierten en una unión fija.	- Tipos de procesos de Soldadura	- ¿Cuáles son los tipos de soldadura y parámetros a utilizar?	- SMAW - GMAW - Amperaje - Tipos de protección - Diámetros de material de aporte.	-Manuales, Catálogos, Normas. Realización en campo. - Ensayos físicos - Fichas de toma de datos.
	- Tipos de material de aporte	¿Qué tipos de material de aporte se utilizarán en los aceros a soldar?	-Electrodo E6001 Ø=3,2 mm - Alambre de aleación de cobre ER70S6 Ø=0,9mm	- Documentos técnicos, catálogos
	-Tipos de Juntas a soldar	- ¿Qué tipos de juntas de soldadura y posiciones se analizarán en la estructura de un bus?	- A tope sin bisel - 1F, 2F y 3F	-Realización en campo. - Ensayos físicos - Fichas de toma de datos.
	- Tipos de aceros a soldar.	- ¿Cuáles son los parámetros que influyen en los materiales a soldar?	- Espesor del material. - Composición química. - Tipo de material	-Observación bibliográfica. - Observación de campo.

Fuente: El autor

3.5.2 Variable Dependiente

Propiedades mecánicas de los aceros HSLA ASTM A1011 Gr 50 y ASTM A 500 Gr C en dos juntas soldadas.

Tabla 10. Conceptualización de la variable dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Propiedades Mecánicas de los aceros HSLA ASTM A1011 Gr 50 y ASTM A 500 Gr C, para comparar las propiedades entre sí, de las cuales se describirán la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas.	-Análisis metalográfico o	-Composición de la microestructura.	Entre 0 y 100 %	-Ensayos de laboratorio - 0-100%. -Fichas de toma de datos.
	-Ensayo de tracción	-Resistencia a la Tracción.	(400-650) MPa	-Ensayos de laboratorio - Observación directa - Fichas de toma de datos.
	-Ensayo de Impacto	-Resistencia al Impacto.	- Energía de Impacto (1.5 – 3.0) (E=hwf) [J]	-Ensayos de laboratorio -Observación bibliográfica -Observación campo. - Fichas de toma de datos.
	-Ensayo de Dureza	-Tamaño de huella del indentador	Medida en HB	-Ensayos de laboratorio - Observación directa - Fichas de toma de datos.

Fuente: El autor

3.6 Recolección de la información

En la presente investigación se realizarán estudios de tipo bibliográficos y experimentales, en el cual se utilizarán técnicas para la recolección de la información

tales como la observación y análisis de la información que servirá como guía en esta investigación, además de manera documental se utilizará documentos, libros, Internet, etc., así de esta manera se describen a más detalle las técnicas e instrumentos que se utilizarán:

3.6.1 Técnicas e instrumentos utilizados en la observación

Tabla 11. Técnicas e instrumentos de evaluación

DETALLE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
OBSERVACIÓN	Directa e Indirecta Participante, No participante Estructurada, No estructurada Individual, No individual	Cuaderno y hojas para notas Fichas de campo Códigos, normas y documentos de referencia

Fuente: El autor

3.6.2 Técnicas e instrumentos documentales

Tabla 12. Técnicas e instrumentos documentales

DETALLE	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
DOCUMENTALES	Bibliografía, Normas, Catálogos, Publicaciones, Artículos, Estudios, Fichas y especificaciones técnicas, Tabulaciones.

Fuente: El autor

3.7 Procesamiento y análisis

La información obtenida de los ensayos a realizar en las probetas del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50, serán analizadas mediante fotografías microestructurales, tablas y gráficos que mostrarán en resumen las propiedades que posee este material, para compararlo con los ensayos que se realizarán bajo las mismas consideraciones al acero ASTM A500 Gr C. Los datos recopilados se tabularán una vez terminado los ensayos para verificar y comparar la información recopilada.

A continuación, se describe brevemente como se realizará la recolección, procesamiento y análisis de la información, así también, de manera general los ensayos a realizar hasta concluir el proceso de la investigación.

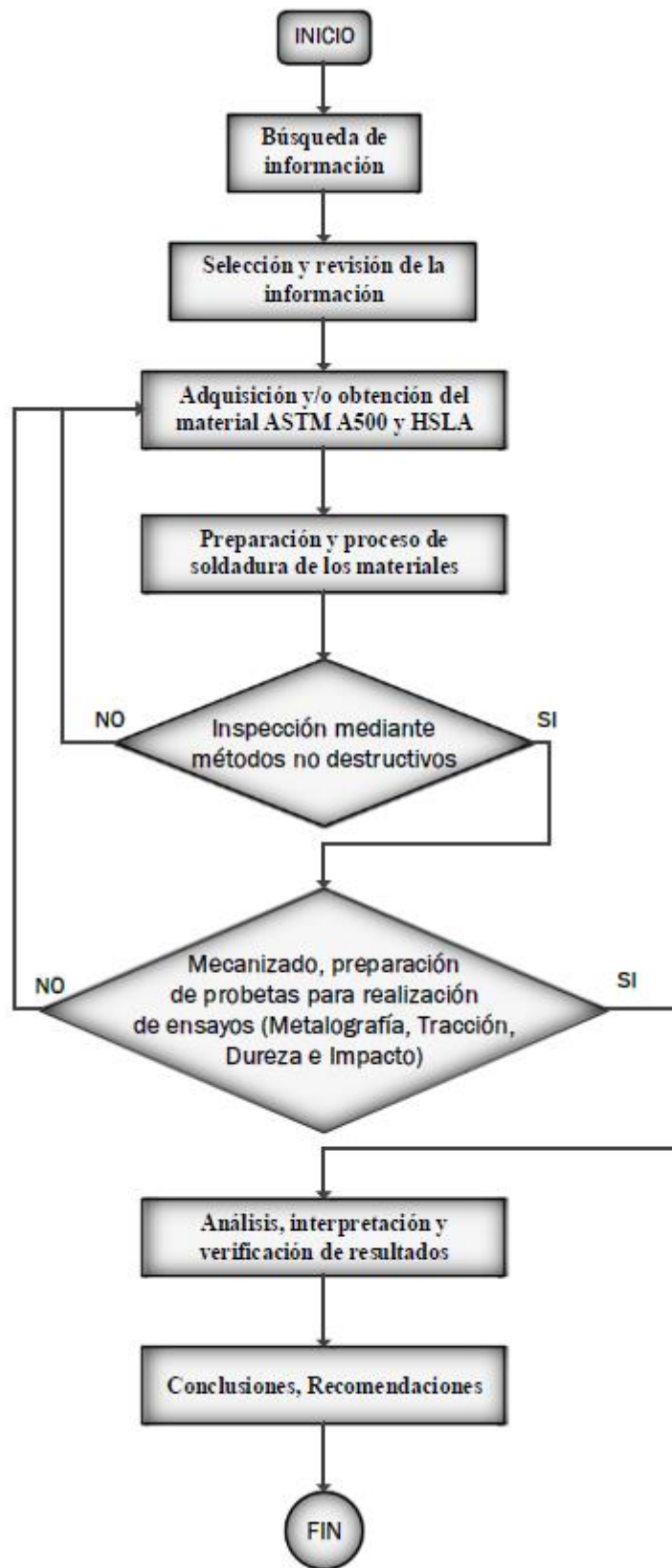


Figura 16. Esquema para el procesamiento y análisis de la investigación.

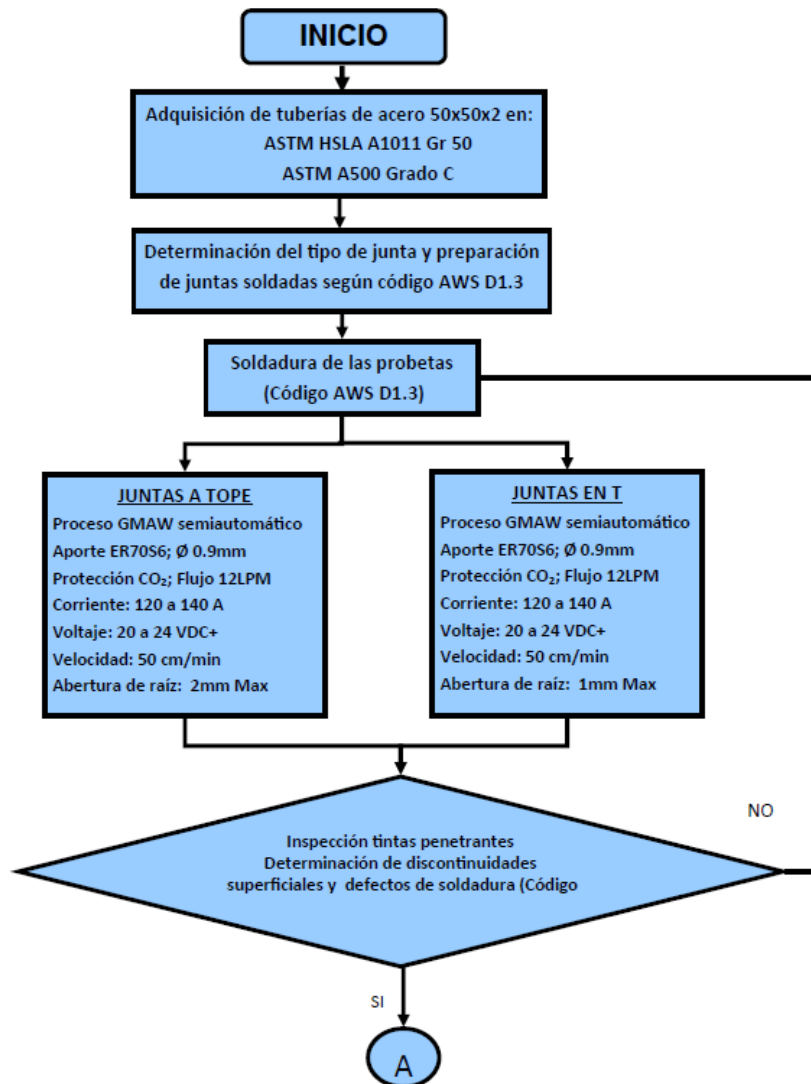
Fuente: El autor

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis de Resultados

4.1.1 Proceso de Análisis de Resultados

El flujograma detallado en la Figura 17, muestra el proceso elegido para la elaboración de las probetas, recolección de datos y la determinación de resultados que permitan analizar la soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y su incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses.



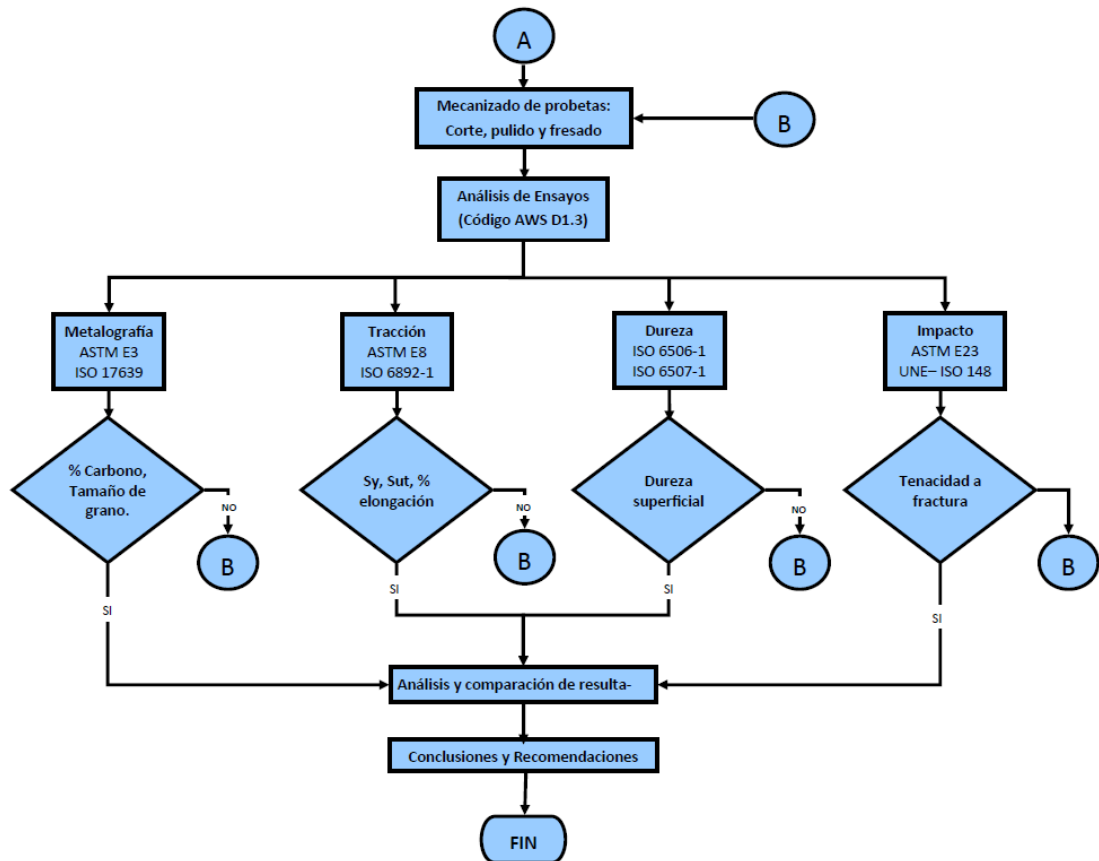


Figura 17. Diagrama de flujo para el proceso de análisis y obtención de resultados.

Fuente: El autor

4.1.2 Preparación y obtención de las probetas

Las probetas requeridas para desarrollar este proyecto de investigación se extrajeron de perfiles cuadrados de 50x50x2 mm tanto de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 como de acero ASTM A500 Grado C; este último es comúnmente utilizado en la fabricación de carrocerías metálicas para buses, por lo que sus resultados serán comparados entre sí, para establecer ventajas y limitaciones en el uso de aceros de alta resistencia y baja aleación. Las juntas soldadas de estos aceros fueron a tope y en T, tal cual se ensamblan en dichas carrocerías y por tanto se pretende emular las características de trabajo a las que se encuentra sometida una carrocería de bus. La Figura 18, muestra la preparación de los perfiles de acero antes de ser soldados.

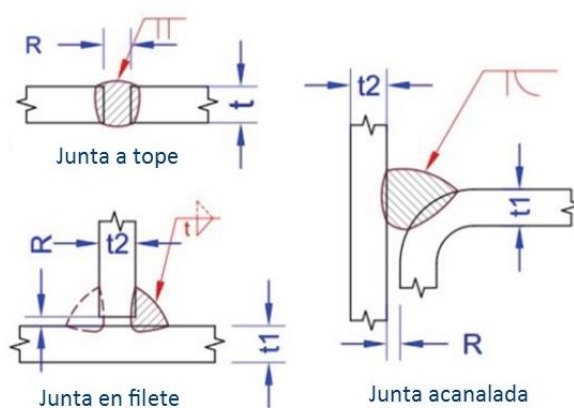


Figura 18. Perfiles de acero HSLA A1011 previo a la soldadura.

Fuente: El autor

4.1.3 Soldadura de las probetas

El proceso de soldadura se lo efectuó en la empresa Carrocerías VARMA S.A, con equipo GMAW bajo las especificaciones requeridas y realizado por un soldador calificado (Anexo A.1); previo a la soldadura se hizo la respectiva preparación de las juntas según la norma AWS D1.3, en la que se detalla que, para uniones soldadas, en materiales con un espesor comprendido entre 1.5 y 4.8 mm la abertura de raíz máxima debe ser de 2 mm.



Dimensiones de la junta	Junta a tope	Junta en filete	Junta acanalada
Espesor de la placa t_1/t_2	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm
Abertura de raíz	R	2mm (máx.)	T1/2 (máx.)

Figura 19. Guía para la preparación de juntas a tope, filete y acanalada.

Fuente: AWS D1.3

Así también, para uniones en T donde la soldadura se hace entre una superficie plana y otra que posee un radio, la norma estipula que el espacio de raíz es igual o menor a la mitad del espesor del material; en este caso la separación máxima es de 1 mm. Todo esto se encuentra especificado en el Anexo A.2 que corresponde al WPS utilizado.

4.1.3.1 Identificación del proceso de soldadura y parámetros

El proceso que se utilizó para la unión de la tubería cuadrada, para los dos tipos de perfiles a utilizar, fue el GMAW, donde con investigación de campo y bibliográfica, se logró identificar, cuáles serían los procesos de soldadura más utilizados por las empresas fabricantes de carrocerías metálicas en Ecuador.

En el portal web de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y en base a la Tabla 1, referida en el capítulo I, se identificó las empresas activas y autorizadas por la ANT, y de esta manera verificar que la mayor parte de empresas fabricantes de carrocerías metálicas de autobuses, utiliza este proceso de soldadura, y solo pocas empresas utilizan el proceso SMAW.

En la Tabla 13, se puede identificar que del 100% de empresas fabricantes de carrocerías tan solo el 10,61% emplean en sus actividades soldadura SMAW, esto es 7 de las 66 empresas; mientras que el 89,39% manejan en sus actividades soldadura GMAW, que corresponden a 59 de las 66 empresas. Por lo tanto, este estudio va a ser dirigido hacia el proceso de soldadura mayormente empleado, con la colaboración de la empresa carrocera Varma S.A, donde se realiza la actividad para la obtención de probetas soldadas, utilizando el proceso de soldadura GMAW y por esta razón el proceso SMAW fue desestimado.

Así también, con los documentos de soporte de la calificación de soldadores que mantiene la empresa Varma S.A., y que abarcan para el proceso de soldadura GMAW, se establecen los parámetros y especificaciones que se utilizaron para soldar las probetas.

Tabla 13. Procesos de soldadura en las empresas fabricantes de carrocerías.

PORCENTAJES DE PROCESOS DE SOLDADURA UTILIZADOS EN LAS EMPRESAS FABRICANTES DE CARROCERÍAS			
PROVINCIA	REPRESENTACIÓN A NIVEL NACIONAL	SMAW	GMAW
AZUAY	7,58%	0%	7,58%
CHIMBORAZO	9,09%	0,00%	9,09%
COTOPAXI	1,52%	0,00%	1,52%
GUAYAS	6,06%	0,00%	6,06%
IMBABURA	1,52%	0,00%	1,52%
MANABI	1,52%	0,00%	1,52%
PICHINCHA	24,24%	1,52%	22,73%
SANTO DOMINGO	6,06%	0,00%	6,06%
TUNGURAHUA	42,42%	9,09%	33,33%
TOTAL	100,00%	10,61%	89,39%

Fuente: El autor

En función de los datos expuestos sobre la incidencia de la soldadura GMAW en las empresas carroceras; los parámetros técnicos proporcionados al soldador y calibrados en las máquinas se encuentran especificados en la Tabla 14, al igual que en el Anexo A.2

Tabla 14. Especificaciones técnicas para la soldadura.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA		
Proceso	Soldadura	GMAW
	Modo de transferencia	Corto circuito
	Tipo	Semiautomático
Metal base	Especificación	ASTM HSLA A 1011 ASTM A 500
	Tipo/Grado	Grado 50 Grado C
	Espesor	2 mm
	Recubrimiento	Con recubrimiento
Metal de aporte	Especificación SFA	SFA-5.18
	Clasificación AWS	ER70S-6
	Diámetro	0.9 mm
	Tipo de corriente y polaridad	Corriente directa al polo positivo DC +

Características eléctricas	Voltaje	20-24 V
	Amperaje	120-140A
Gas de protección	Gas y composición	100% CO ₂
	Flujo de gas	12 LPM
Posición de soldadura	Posición a tope	Plana, horizontal, vertical y sobre cabeza
	Posición de filete	Plana, horizontal, vertical y sobre cabeza

Fuente: El autor

4.1.4 Inspección por tintas penetrantes

Con el fin de evaluar las juntas soldadas y determinar si poseen defectos que las inhabiliten para su uso en los ensayos requeridos, sin necesidad de un mecanizado se sometió a todos los cordones de soldadura a una inspección por tintas penetrantes coloreadas como se aprecia en la Figura 20.



Figura 20. Ensayo de tintas penetrantes a los cordones de soldadura.

Fuente: El autor

Las uniones que pasen la inspección serán mecanizadas para su respectivo ensayo, mientras que las uniones defectuosas se repetirán a fin de garantizar uniones de calidad. Los criterios de aceptación se extraen del Código AWS D1.3 y son

interpretados por el autor, quien posee certificación Nivel I y II en inspección por tintas penetrantes, como se aprecia en el Anexo A.3. Las características del equipo, materiales y cánones utilizados se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15. Parámetros técnicos de los líquidos penetrantes utilizados

PARÁMETROS LÍQUIDOS PENETRANTES			
Marca	MAGNAFLUX (SPOTCHECK)	Temperatura de aplicación	19-21 °C
Cleaner	SKC-S (01-5750-77)	Aplicación	Pulverización
Penetrant	SKL-SP2 (01-5155-77)	Normas aplicadas	ASME V
Developer	SKD-S2 (015352-77)		ASTM E433-7
Tipo	Penetrantes coloreados		ASTM E165

Fuente: El autor

4.1.5 Corte y Mecanizado de probetas

Para los ensayos destructivos de metalografía, tracción, dureza e impacto las juntas soldadas de acero deben ser cortadas o mecanizadas de acuerdo con la norma aplicable para cada proceso. A continuación, se aprecia en la Figura 21, los perfiles soldados a tope y en T, evaluados por tintas penetrantes y listas para extraer de cada uno las probetas requeridas para los estudios.

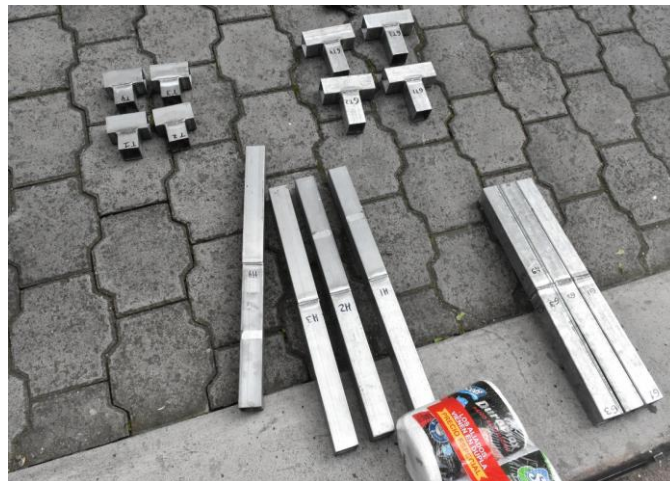


Figura 21. Perfiles para extracción de probetas.

Fuente: El autor

En los ensayos de metalografía aplica la norma ASTM E3, para la preparación de probetas metalográficas y también la ISO 17639, para ensayos de macrografía y micrografía en soldaduras. En estas normas se detalla que el espécimen debe tener de

12 a 25 cm con una altura que permita una conveniente sujeción durante el pulido, si la muestra es más pequeña se debe montarla en un polímero que ayude a su manipulación. Debido a que se analizó la junta soldada, el corte debe ser en dirección perpendicular al eje de soldadura (Sección transversal) y debe contener tanto los depósitos de soldadura como las zonas afectada por el calor en ambos lados del cordón. Este corte se lo hace en frío o utilizando un disco abrasivo con su respectiva refrigeración para evitar que el recalentamiento de las superficies modifique la composición de la muestra.

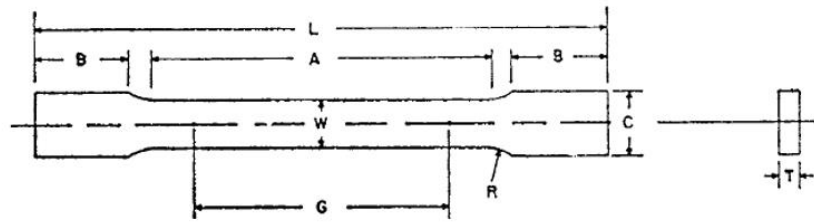
La Figura 22, revela las probetas usadas en el análisis metalográfico de los aceros ASTM A500 Grado C y HSLA ASTM A1011 Gr 50, las cuales se montaron en bakelita, se pulieron y atacaron con Nital 2 para revelar su microestructura bajo un microscopio óptico a 40x, 100x, 200x y 400x de aumento.



Figura 22. Probetas para ensayo de metalografía.

Fuente: El autor

En los ensayos de tracción se aplica la norma ASTM E8, para establecer las dimensiones de las probetas para tracción de metales y en la norma ISO 6892-1 se detalla el procedimiento de ensayo. La norma ASTM E8, detalla los métodos de ensayo de tracción para materiales metálicos en cualquier forma ya sean planos, cilíndricos macizos o huecos, obtenidos por pulvimetalurgia o por fundición y demás; evaluados a temperatura ambiente de forma que permitan obtener su esfuerzo de fluencia, su punto de fluencia, el esfuerzo de tracción, la elongación total y su reducción de área en la zona de fractura. El espécimen correspondiente para esta investigación es el que se muestra en la Figura 23.



	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gauge length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Figura 23. Probeta de tracción para placas delgadas.

Fuente ASTM E8

Para un espesor de 2 mm se supone como lámina delgada por lo que su longitud total mínima es de 200 mm, el ancho de 12,5 mm, la longitud de medición es de 50 mm, el ancho de la zona de sujeción es de 20 mm, entre otras dimensiones. Como el mecanizado de las probetas requiere de precisión dimensional se procedió a cortar por electroerosión con hilo, tanto los perfiles de acero ASTM A500 como los de HSLA A1011, previamente soldados, en función a lo que establece las dimensiones normadas en la ASTM E8.

Finalmente se identificaron las muestras previo la realización del ensayo a tracción las cuales se visualizan en la Figura 24.



Figura 24. Probetas de tracción antes del ensayo.

Fuente: El autor

Para los ensayos de dureza se aplican las normas, ISO 6506-1 e ISO 6507-1, que detallan el procedimiento para mediciones de dureza Brinell y Vickers respectivamente.

Se usa el método Brinell para obtener la dureza en la zona de fusión de la soldadura y la escala Vickers para obtener valores de microdureza en las zonas de fusión, la zona afectada térmicamente y en el material base; a través de una macrografía a la sección transversal del cordón de soldadura. Las probetas deben tener una superficie plana que facilite la impresión del indentador mientras se aplica la carga, en la Figura 25, se observa las probetas cortadas y pulidas para los ensayos de dureza y micro dureza.



Figura 25. Probetas para ensayo de dureza.

Fuente: El autor

4.2 Presentación de Resultados

Esta investigación presenta un total de 64 probetas distribuidas en dos grupos, las primeras pertenecen al acero ASTM HSLA A1011 Gr 50 y el segundo grupo al acero ASTM A500 Grado C. Por tal motivo es conveniente asignarle un código a cada una que facilite su identificación y tabulación de resultados. Estos códigos se encuentran especificados en la Tabla 16.

Tabla 16. Tabla de asignación de códigos.

ENSAYO	N. de probeta	ASTM HSLA A1011 Gr 50	ASTM A500 Grado C
TINTAS PENETRANTES	1	T1	GT1
	2	T2	GT2
	3	T3	GT3
	4	T4	GT4
	5	H1	G1
	6	H2	G2
	7	H3	G3
	8	H4	G4
METALOGRAFÍA	1	HSLA T 1.1	GT 1.1
	2	HSLA T 1.2	GT 1.2
	3	HSLA T 2.1	GT 2.1
	4	HSLA T 2.2	GT 2.2
	5	HSLA T 3.1	GT 3.1
	6	HSLA T 3.2	GT 3.2
	7	HSLA T 4.1	GT 4.1
	8	HSLA T 4.2	GT 4.2
TRACCIÓN	1	HSL 1	G 1a
	2	HSL 2	G 2a
	3	HSL 3	G 3a
	4	HSL 4	G 4a
	5	HSL 5	G 5a
	6	HSL 6	G 6a
	7	HSL 7	G 7b
	8	HSL 8	G 8b
DUREZA	1	HSLD 1	GD 1
	2	HSLD 1.1	GD 1.1
	3	HSLD 2	GD 2
	4	HSLD 2.2	GD 2.2
	5	HSLD 3	GD 3
	6	HSLD 3.3	GD 3.3
	7	HSLD 4	GD 4
	8	HSLD 4.4	GD 4.4
IMPACTO	1	HSLI 1	GI 1
	2	HSLI 2	GI 2
	3	HSLI 3	GI 3
	4	HSLI 4	GI 4
	5	HSLI 5	GI 5
	6	HSLI 6	GI 6
	7	HSLI 7	GI 7
	8	HSLI 8	GI 8

Fuente: El autor



4.2.1 Análisis de composición de los perfiles de acero.

El análisis del acero de baja aleación y alta resistencia HSLA ASTM A1011 Gr 50 fue proporcionado por la empresa TUGALT; de cuyo material se especifica sus propiedades basado en la norma ASTM A 1011/A 1011M – 07 expuesto en el Anexo A4, con cuyas propiedades se trabajó para la tubería cuadrada de 50x50x2mm, que se utilizan en la fabricación de estructuras para buses.

De la misma forma el análisis del acero ASTM A500 Grado C fue proporcionado por IPAC el proveedor del material, mediante un certificado de inspección y control de calidad elaborado por CONDUIT del Ecuador. Este informe en su totalidad se encuentra en el Anexo A5 y A5.1, el que muestra varias propiedades mecánicas correspondientes a la tubería cuadrada de 50x50x2 mm de ASTM A500 Grado C.

Tanto el metal de aporte como el gas de protección poseen su respectivo certificado de conformidad proporcionado por el proveedor; estos informes se muestran en el Anexo A6.1 para el alambre ER70S-6 y el Anexo A7 para el gas de protección CO₂.

Tabla 17. Composición química del acero galvanizado proporcionado para la investigación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017 			
Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio		
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado		
Solicitado por	ACEROSCENTER S.A.	Fecha	05/02/2018
Centro de estudio y análisis	Planta CONDUIT del Ecuador		
Realizado por	Ing. Ramiro Amores	Normas Aplicadas	GIS G-3132SPHT-1 SAE 1008
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL			
Especificaciones del material	Acero	Tipo/Grado	A1011 SS GRADO 36
Diámetro promedio	50,55x50,59	Resistencia a tracción	408 Mpa
Espesor	1,98	Elongación	38%
Largo	6008	Doblamiento	180 °
Características	Tubular cuadrado	Capa de Zn	508 g/m ²
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
Carbono C	0.25 %	Silicio Si	0.04 % max
Manganeso Mn	0.9 %	Fosforo P	0.0035%
Azufre S	0.004 %		
Observaciones	El análisis es parte de un certificado de inspección y control de calidad proporcionado por la empresa CONDUIT del Ecuador S.A. a la empresa ACEROSCENTER S.A. quien fue el proveedor del material.		

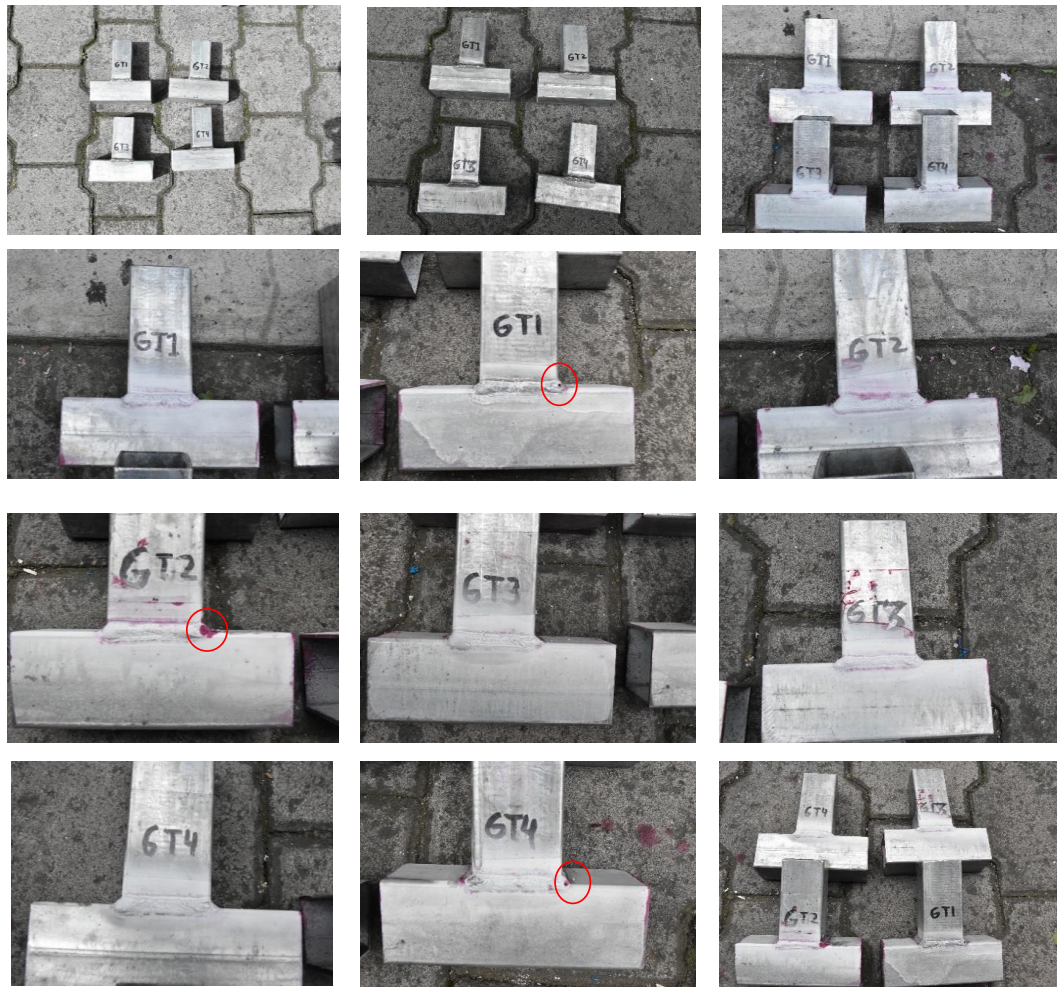
Fuente: ACEROSCENTER S.A.

4.2.2 Análisis de tintas penetrantes

Para verificar la integridad de las juntas soldadas, se ha hecho un análisis de tintas penetrantes a todos los perfiles; estos han sido divididos en 5 grupos en función de los especímenes que se extrajeron para los ensayos posteriores. El análisis lo realizó el autor de esta investigación, quien posee certificación Nivel I y II en inspección de tintas penetrantes; el Anexo A3 presenta la certificación del inspector.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES					
Datos informativos					
Lugar y Fecha:		Ambato 11 de Febrero de 2019			
Tipo de estudio:		De campo	Identificación del ensayo:		ILP19-0001
Especificación del material Base:		ASTM A500	Recubrimiento: Con y sin Galvanizado		
Realizado por: Ing. Vladimir Poveda A.			Supervisado por: Ing. José Yunapanta Mg.		
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADURA					
Proceso de soldadura:		GMAW	Tipo de soldadura:		Semi-Automático
Norma de referencia:		ANSI/AWS D1.3	Voltaje:		22 V
Tipo de Junta:		T	Precalentamiento:		N/A
Abertura de raíz:		1 mm	Material de aporte:		ER70S6
Posición:		Plana, horizontal,	Velocidad de avance:		50 cm/min
Espesor de l material base:		2 mm	Diámetro material- aporte:		0,9 mm
Tipo o Grado:		N/A	Número de pases:		Un solo pase
Amperaje / Rango amperaje:		130 A / 117 a 143 A	Gas y composición:		100% CO2
Tipo/Polaridad:		DC+	Flujo de gas:		12 LPM
ESPECIFICACION LÍQUIDOS PENETRANTES					
Marca:		MAGNAFLUX (SPOTCHECK)	Temperatura de aplicación:		19 – 21 °C
Cleaner:		SKC-S (01-5750-77)	Normativa aplicable: - ASME V - ASTM E433-7 - ASTM E165		
Penetrant:		SKL-SP2 (01-5155-77)			
Developer:		SKD-S2 (01-5352-77)			
Tipo:		Penetrantes coloreados			
DATOS DE LOS PUNTOS INSPECCIONADOS					
Identificación del elemento:	Cantidad de cordones ensayados:	Largo de cordones (mm)	Hora Aplicación Penetrant:	Hora Aplicación Cleaner:	Hora Aplicación Developer:
GT1	2	50	10:00 a.m.	10:10 a.m.	10:12 a.m.
GT2	2	50	10:00 a.m.	10:10 a.m.	10:12 a.m.
GT3	2	50	10:00 a.m.	10:11 a.m.	10:12 a.m.
GT4	2	50	10:00 a.m.	10:11 a.m.	10:12 a.m.

ANEXOS FOTOGRAFICOS DEL ENSAYO



RESULTADOS

Identificación del elemento:	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Interpretación
		FISURA	POROS	ESCORIA	
GT1	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
GT2	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
GT3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
GT4	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A PESAR QUE 3 CORDONES DE SOLDADURA PRESENTAN 1 PORO CADA UNO, DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.3 NINGUNO DE LOS CORDONES ENSAYADOS PRESENTA DISCONTINUIDADES QUE AFECTEN CONSIDERABLEMENTE AL ESTADO DE LOS CORDONES DE SOLDADURA.

Observaciones:



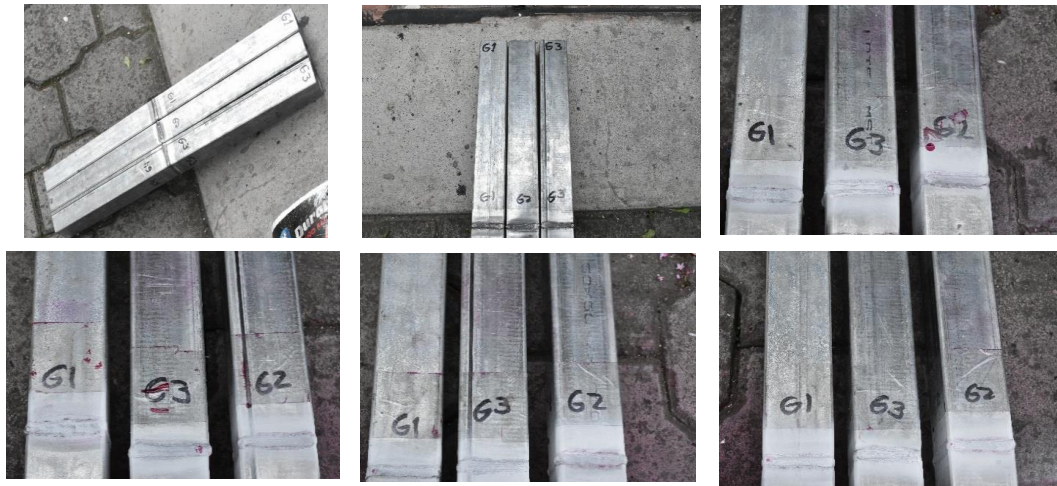
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017



INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Datos informativos					
Lugar y Fecha:		Ambato 11 de Febrero de 2019			
Tipo de estudio:	De campo	Identificación del ensayo:	ILP19-0002		
Especificación del material Base	ASTM A500	Recubrimiento: Con y sin Galvanizado			
Realizado por: Ing. Vladimir Poveda A.		Supervisado por: Ing. José Yunapanta Mg.			
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADURA					
Proceso de soldadura:	GMAW	Tipo de soldadura:	Semi-Automático		
Norma de referencia:	ANSI/AWS D1.3	Voltaje:	22 V		
Tipo de Junta:	A Tope	Pre calentamiento:	N/A		
Abertura de raíz:	1 mm	Material de aporte:	ER70S6		
Posición:	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza	Velocidad de avance:	50 cm/min		
Espesor de l material base:	2 mm	Diámetro material- aporte:	0,9 mm		
Tipo o Grado:	N/A	Número de pases:	Un solo pase		
Amperaje / Rango amperaje:	130 A / 117 a 143 A	Gas y composición:	100% CO2		
Tipo/Polaridad:	DC+	Flujo de gas:	12 LPM		
ESPECIFICACION LÍQUIDOS PENETRANTES					
Marca:	MAGNAFLUX (SPOTCHECK)	Temperatura de aplicación:	19 – 21 °C		
Cleaner:	SKC-S (01-5750-77)				
Penetrant:	SKL-SP2 (01-5155-77)	Normativa aplicable:	- ASME V		
Developer:	SKD-S2 (01-5352-77)		- ASTM E433-7		
Tipo:	Penetrantes coloreados		- ASTM E165		
DATOS DE LOS PUNTOS INSPECCIONADOS					
Identificación del elemento:	Cantidad de cordones ensayados:	Largo de cordones (mm)	Hora Aplicación Penetrant:	Hora Aplicación Cleaner:	Hora Aplicación Developer:
G1	4	50	10:55 a.m.	11:05 a.m.	11:07 AM
G2	4	50	11:05 a.m.	11:16 AM	11:18 AM
G3	4	50	11:05 a.m.	11:16 AM	11:18 AM

ANEXOS FOTOGRAFICOS DEL ENSAYO



RESULTADOS

Identificación del elemento:	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Interpretación
		FISURA	POROS	ESCORIA	
G1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
G2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
G3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.3 NINGUNO DE LOS CORDONES ENSAYADOS PRESENTA DISCONTINUIDADES QUE AFECTEN CONSIDERABLEMENTE AL ESTADO DE LOS CORDONES DE SOLDADURA.

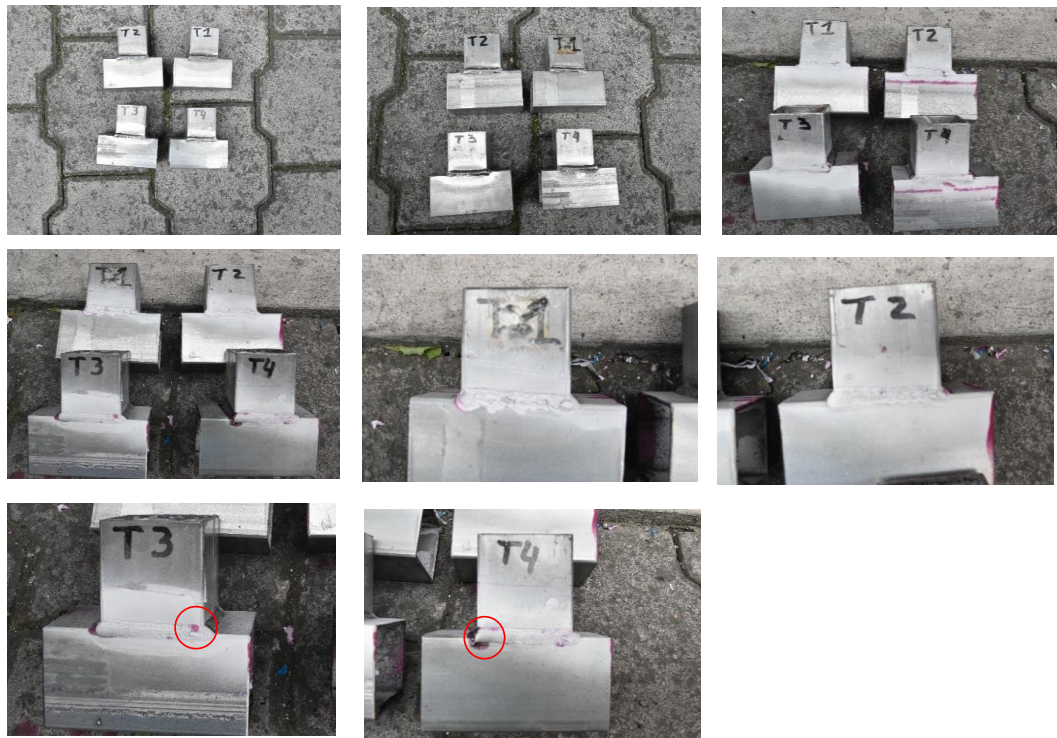
Observaciones:



INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Datos informativos					
Lugar y Fecha:		Ambato 11 de Febrero de 2019			
Tipo de estudio:	De campo	Identificación del ensayo:	ILP19-0003		
Especificación del material Base	HSLA A1011 Gr 50	Recubrimiento: Con y sin Galvanizado			
Realizado por: Ing. Vladimir Poveda A.		Supervisado por: Ing. José Yunapanta Mg.			
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADURA					
Proceso de soldadura:	GMAW	Tipo de soldadura:	Semi-Automático		
Norma de referencia:	ANSI/AWS D1.3	Voltaje:	22 V		
Tipo de Junta:	T	Pre calentamiento:	N/A		
Abertura de raíz:	1 mm	Material de aporte:	ER70S6		
Posición:	Plana, horizontal,	Velocidad de avance:	50 cm/min		
Espesor de l material base:	2 mm	Diámetro material- aporte:	0,9 mm		
Tipo o Grado:	N/A	Número de pases:	Un solo pase		
Amperaje / Rango amperaje:	130 A / 117 a 143 A	Gas y composición:	100% CO2		
Tipo/Polaridad:	DC+	Flujo de gas:	12 LPM		
ESPECIFICACION LÍQUIDOS PENETRANTES					
Marca:	MAGNAFLUX (SPOTCHECK)	Temperatura de aplicación:	19 – 21 °C		
Cleaner:	SKC-S (01-5750-77)				
Penetrant:	SKL-SP2 (01-5155-77)	Normativa aplicable:	- ASME V		
Developer:	SKD-S2 (01-5352-77)		- ASTM E433-7		
Tipo:	Penetrantes coloreados		- ASTM E165		
DATOS DE LOS PUNTOS INSPECCIONADOS					
Identificación del elemento:	Cantidad de cordones ensayados:	Largo de cordones (mm)	Hora Aplicación Penetrant:	Hora Aplicación Cleaner:	Hora Aplicación Developer:
T1	2	50	10:08 a.m.	10:20 a.m.	10:25 a.m.
T2	2	50	10:08 a.m.	10:20 a.m.	10:25 a.m.
T3	2	50	10:09 a.m.	10:19 a.m.	10:25 a.m.
T4	2	50	10:09 a.m.	10:19 a.m.	10:25 a.m.

ANEXOS FOTOGRAFICOS DEL ENSAYO



RESULTADOS

Identificación del elemento:	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Interpretación
		FISURA	POROS	ESCORIA	
T1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
T2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
T3	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
T4	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A PESAR QUE 2 CORDONES DE SOLDADURA PRESENTAN 1 Y MORDEDURA, DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.3 NINGUNO DE LOS CORDONES ENSAYADOS PRESENTA DISCONTINUIDADES QUE AFECTEN CONSIDERABLEMENTE AL ESTADO DE LOS CORDONES DE SOLDADURA.

Observaciones:



INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Datos informativos					
Lugar y Fecha:		Ambato 11 de Febrero de 2019			
Tipo de estudio:	De campo	Identificación del ensayo:	ILP19-0004		
Especificación del material Base	HSLA A1011 Gr 50	Recubrimiento: Con y sin Galvanizado			
Realizado por: Ing. Vladimir Poveda A.		Supervisado por: Ing. José Yunapanta Mg.			
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADURA					
Proceso de soldadura:	GMAW	Tipo de soldadura:	Semi-Automático		
Norma de referencia:	ANSI/AWS D1.3	Voltaje:	22 V		
Tipo de Junta:	A Tope	Pre calentamiento:	N/A		
Abertura de raíz:	1 mm	Material de aporte:	ER70S6		
Posición:	Plana, horizontal,	Velocidad de avance:	50 cm/min		
Espesor de l material base:	2 mm	Diámetro material- aporte:	0,9 mm		
Tipo o Grado:	N/A	Número de pases:	Un solo pase		
Amperaje / Rango amperaje:	130 A / 117 a 143 A	Gas y composición:	100% CO2		
Tipo/Polaridad:	DC+	Flujo de gas:	12 LPM		
ESPECIFICACION LÍQUIDOS PENETRANTES					
Marca:	MAGNAFLUX (SPOTCHECK)	Temperatura de aplicación:	19 – 21 °C		
Cleaner:	SKC-S (01-5750-77)				
Penetrant:	SKL-SP2 (01-5155-77)	Normativa aplicable:	- ASME V		
Developer:	SKD-S2 (01-5352-77)		- ASTM E433-7		
Tipo:	Penetrantes coloreados				
DATOS DE LOS PUNTOS INSPECCIONADOS					
Identificación del elemento:	Cantidad de cordones ensayados:	Largo de cordones (mm)	Hora Aplicación Penetrant:	Hora Aplicación Cleaner:	Hora Aplicación Developer:
H1	4	50	10:45 a.m.	10:55 a.m.	10:59 a.m.
H2	4	50	10:45 a.m.	10:55 a.m.	10:59 a.m.
H3	4	50	10:47 a.m.	10:58 a.m.	11:00 a.m.
H4	4	50	10:47 a.m.	10:58 a.m.	11:00 a.m.

ANEXOS FOTOGRAFICOS DEL ENSAYO



RESULTADOS

Identificación del elemento:	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Interpretación
		FISURA	POROS	ESCORIA	
H1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H4	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.3 TODOS LOS CORDONES PASAN LA INSPECCIÓN

Observaciones:



INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Datos informativos					
Lugar y Fecha:	Ambato 11 de Febrero de 2019				
Tipo de estudio:	De campo	Identificación del ensayo:	ILP19-0005		
Especificación del material Base:	HSLA A1011 Gr 50	Recubrimiento: Con y sin Galvanizado			
Realizado por:	Ing. Vladimir Poveda A.		Supervisado por: Ing. José Yunapanta Mg.		
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADURA					
Proceso de soldadura:	GMAW	Tipo de soldadura:	Semi-Automático		
Norma de referencia:	ANSI/AWS D1.3	Voltaje:	22 V		
Tipo de Junta:	A Tope	Pre calentamiento:	N/A		
Abertura de raíz:	1 mm	Material de aporte:	ER70S6		
Posición:	Plana, horizontal,	Velocidad de avance:	50 cm/min		
Espesor de l material base:	2 mm	Diámetro material- aporte:	0,9 mm		
Tipo o Grado:	N/A	Número de pases:	Un solo pase		
Amperaje / Rango amperaje:	130 A / 117 a 143 A	Gas y composición:	100% CO2		
Tipo/Polaridad:	DC+	Flujo de gas:	12 LPM		
ESPECIFICACION LÍQUIDOS PENETRANTES					
Marca:	MAGNAFLUX (SPOTCHECK)		Temperatura de aplicación:	19 – 21 °C	
Cleaner:	SKC-S (01-5750-77)		Normativa aplicable:	- ASME V	
Penetrant:	SKL-SP2 (01-5155-77)			- ASTM E433-7	
Developer:	SKD-S2 (01-5352-77)			- ASTM E165	
Tipo:	Penetrantes coloreados				
DATOS DE LOS PUNTOS INSPECCIONADOS					
Identificación del elemento:	Cantidad de cordones ensayados:	Largo de cordones (mm)	Hora Aplicación Penetrant:	Hora Aplicación Cleaner:	Hora Aplicación Developer:
1a	4	50	12:02 p.m.	12:12 p.m.	12:18 p.m.
2a	4	50	12:02 p.m.	12:12 p.m.	12:18 p.m.
1b	4	50	12:10 p.m.	12:20 p.m.	12:23 p.m.
2b	4	50	12:10 p.m.	12:20 p.m.	11:23 a.m.

ANEXOS FOTOGRAFICOS DEL ENSAYO



RESULTADOS



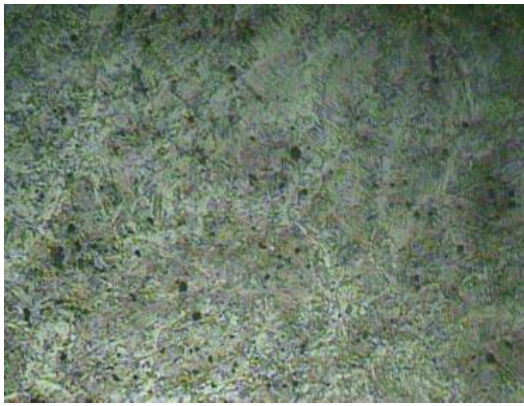
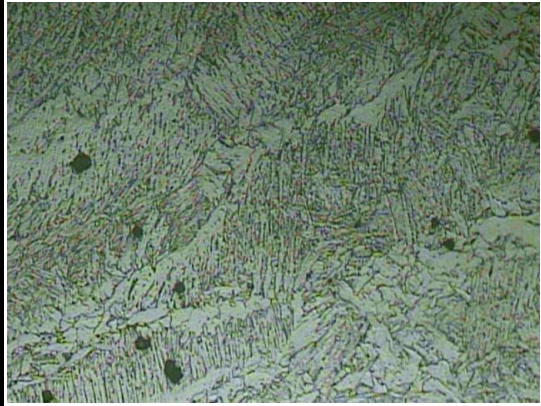
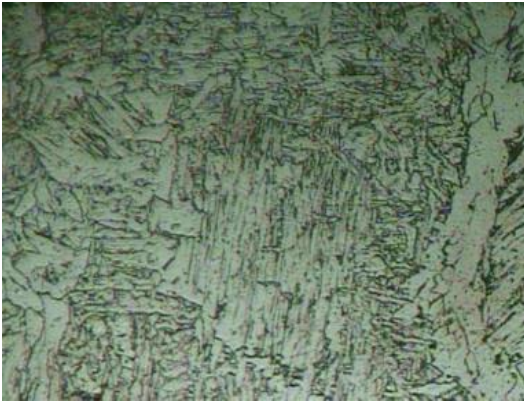
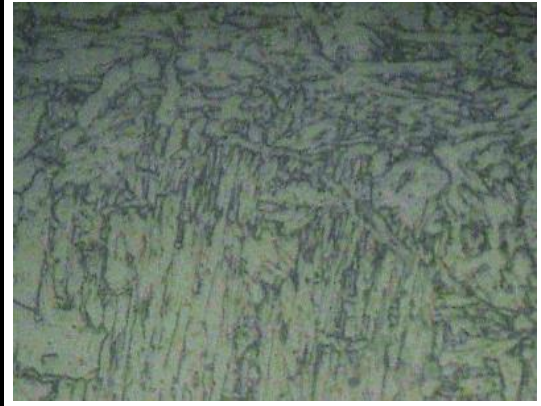
Identificación del elemento:	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Interpretación
		FISURA	POROS	ESCORIA	
1a	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
2a	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
1b	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
2b	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.3 TODOS LOS CORDONES PASAN LA INSPECCIÓN

Observaciones:

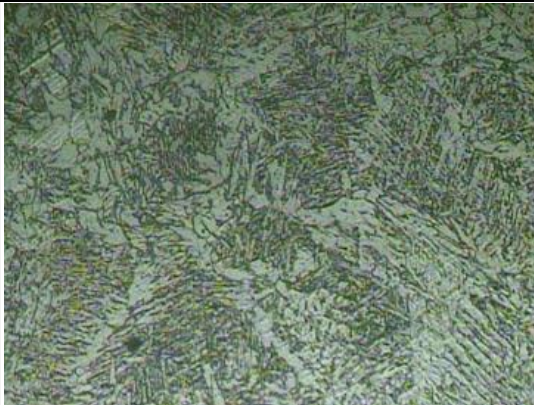
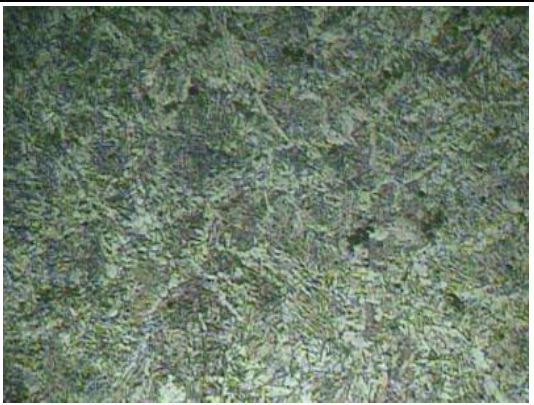
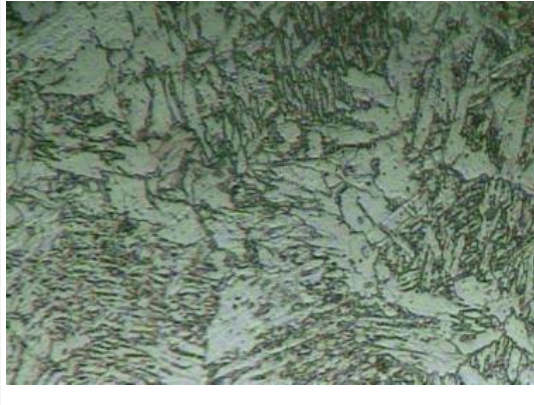

4.2.3 Ensayos metalográficos de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50

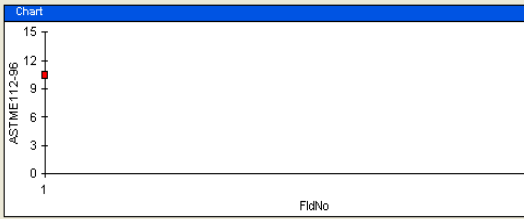
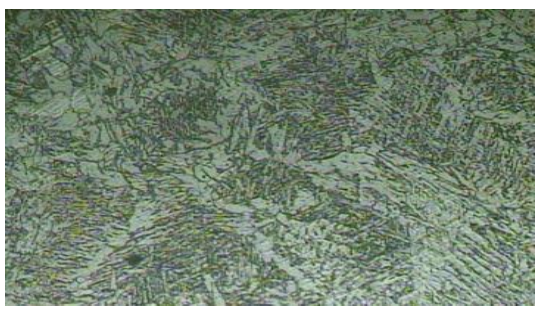
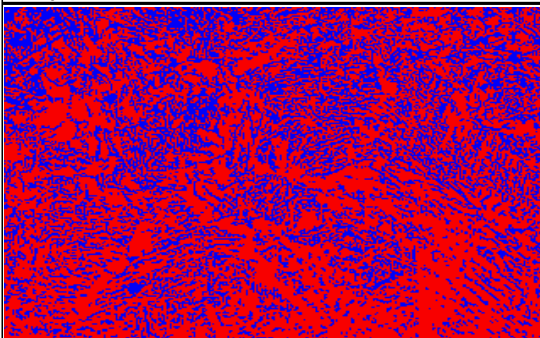
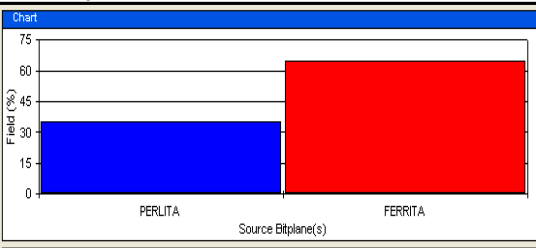
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-01		
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019		
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Código del espécimen	HSLA T1.1	Código laboratorio	H1		
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO					
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico				
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A		
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO					
Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico				
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500		
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s		
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA					
					
40x			100x		
					
200x			400x		

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
Chart 									
File No 1 ASTM E112-96 10,29									
Tamaño de grano	10,29								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		Chart 							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,0</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>65,0</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,0	FERRITA	65,0
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,0								
FERRITA	65,0								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35\%) + 0.022$ $\%C = 0.2803 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.35(240) + 0.65(90)$ $HB = 142.5$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(142.5) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.250 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-02
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T1.2	Código laboratorio	H2
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO			
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA			
			
40x	100x		
			
200x	400x		

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1" data-bbox="311 548 837 616"> <thead> <tr> <th>Field No</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10,39</td> </tr> </tbody> </table>		Field No	ASTM E112-96	1	10,39				
Field No	ASTM E112-96								
1	10,39								
Tamaño de grano	10,39								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1" data-bbox="858 952 1396 1019"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,5</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>64,5</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,5	FERRITA	64,5
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,5								
FERRITA	64,5								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35.5\%) + 0.022$ $\%C = 0.283\%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.355(240) + 0.645(90)$ $HB = 143.25$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(143.25) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.625 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-03
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T2.1	Código laboratorio	H3

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

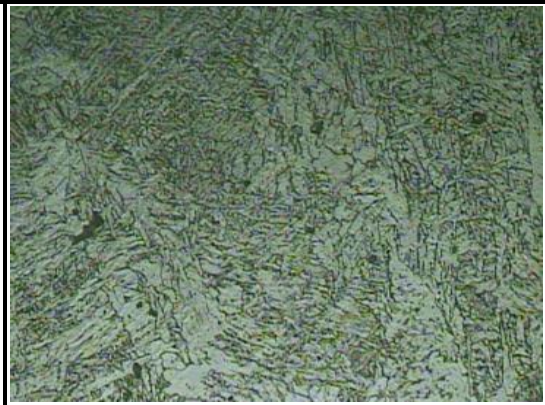
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

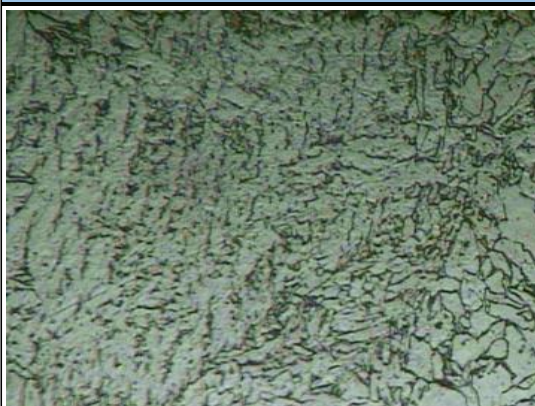
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



40x



100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10,06</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTM E112-96	1	10,06				
FidNo	ASTM E112-96								
1	10,06								
Tamaño de grano	10,06								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,2</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>64,8</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,2	FERRITA	64,8
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,2								
FERRITA	64,8								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35.2\%) + 0.022$ $\%C = 0.2817 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.352(240) + 0.648(90)$ $HB = 142.8$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(142.8) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.400 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-04
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T2.2	Código laboratorio	H4

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

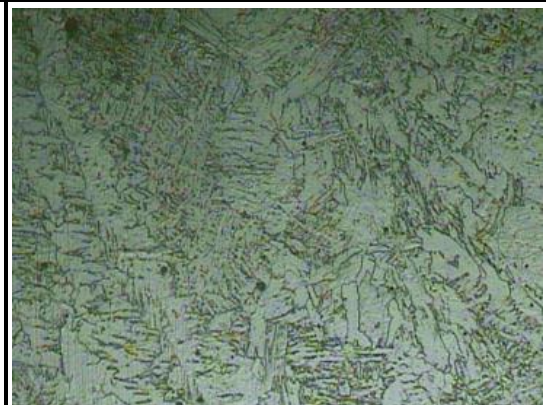
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

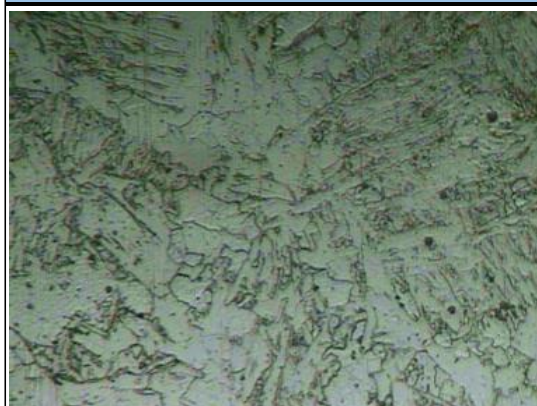
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



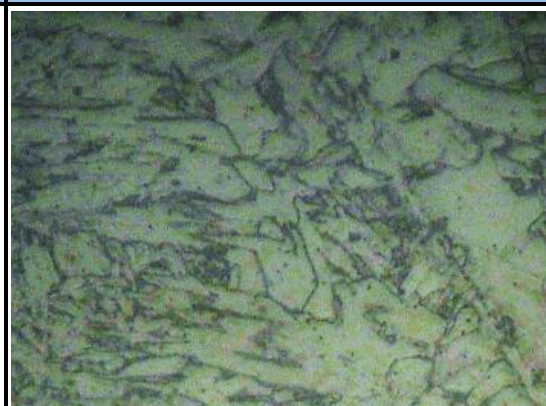
40x




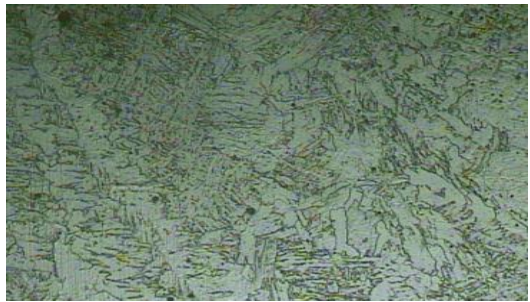
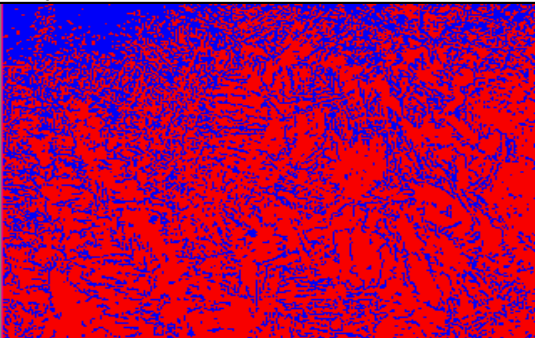
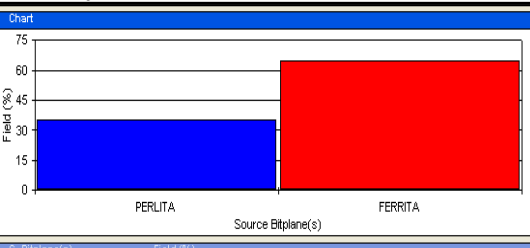
100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1" data-bbox="308 571 845 616"> <thead> <tr> <th>File No</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,29</td> </tr> </tbody> </table>		File No	ASTM E112-96	1	9,29				
File No	ASTM E112-96								
1	9,29								
Tamaño de grano	9,29								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1" data-bbox="858 952 1390 1019"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,1</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>64,9</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,1	FERRITA	64,9
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,1								
FERRITA	64,9								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35.1\%) + 0.022$ $\%C = 0.2810 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.351(240) + 0.649(90)$ $HB = 142.65$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(142.65) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.325 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-05
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T3.1	Código laboratorio	H5

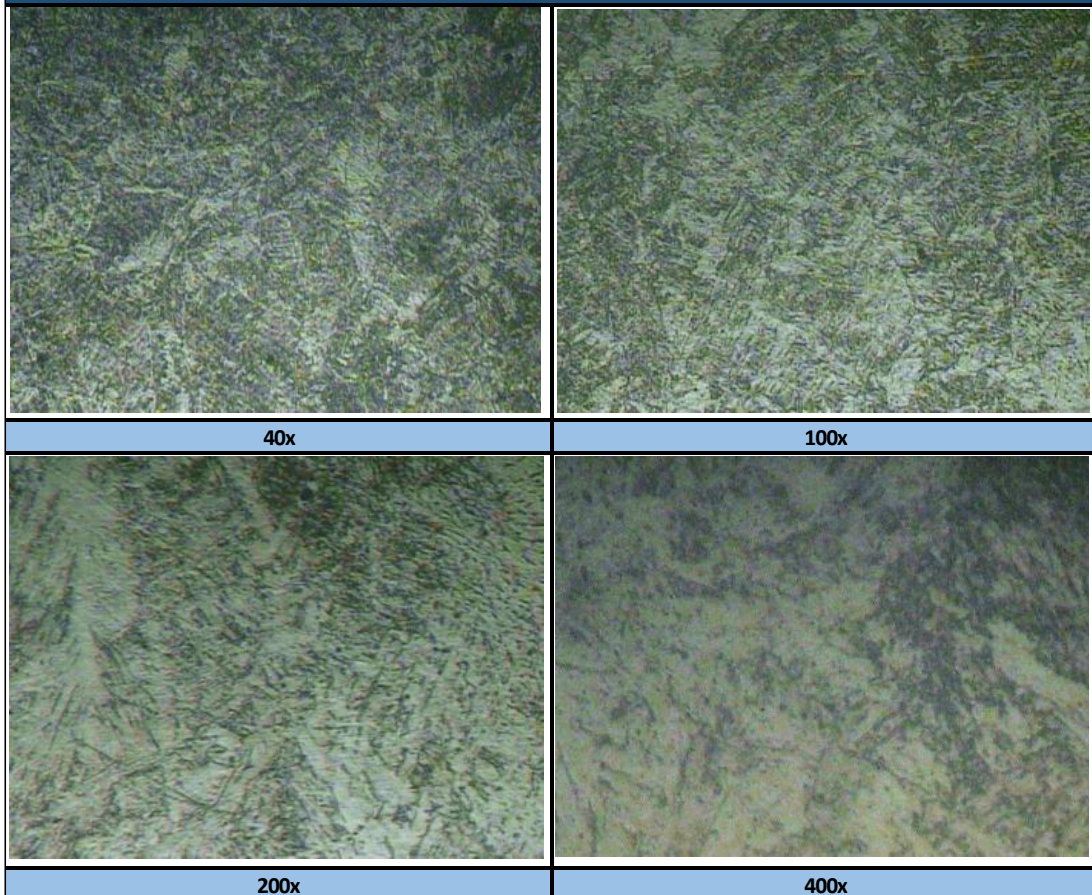
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

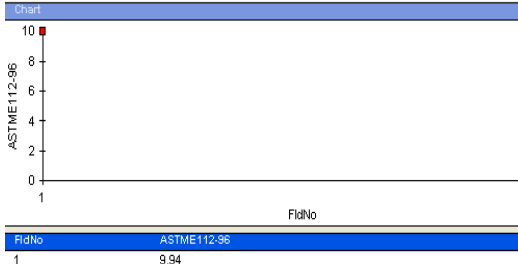

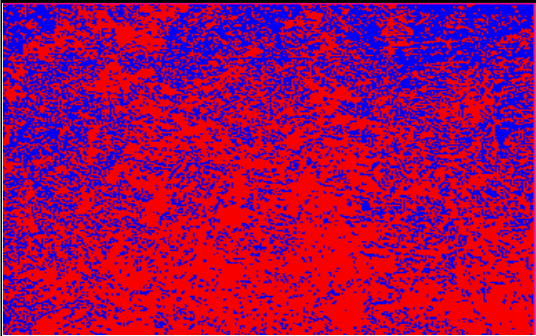
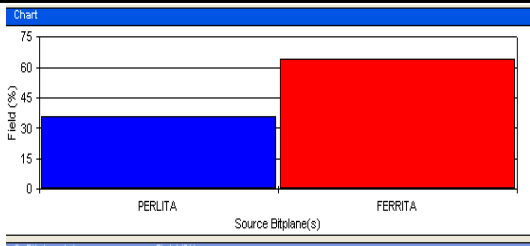
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

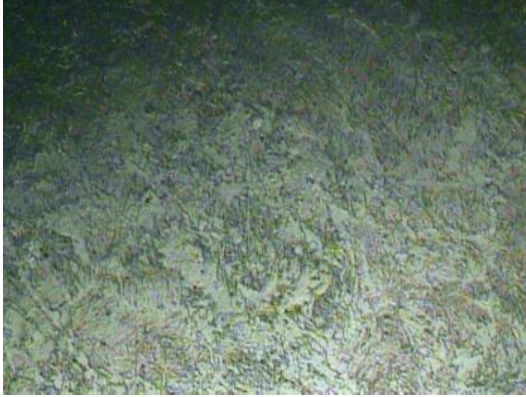

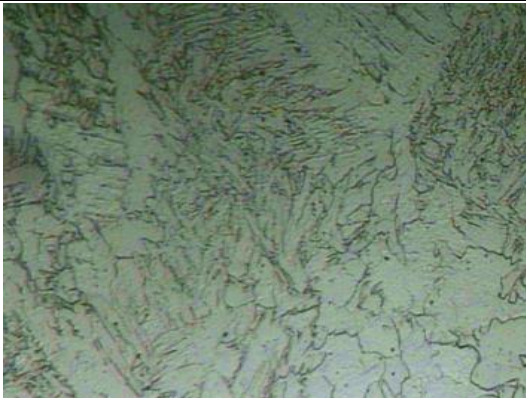
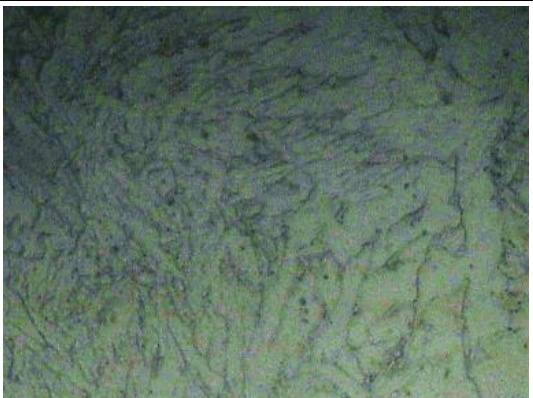
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

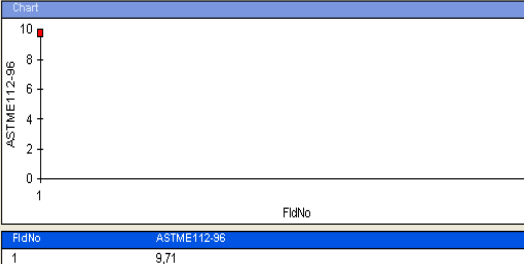

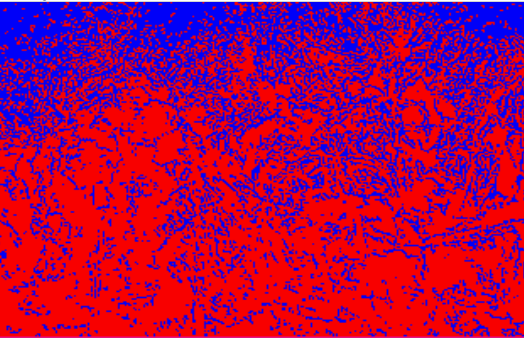
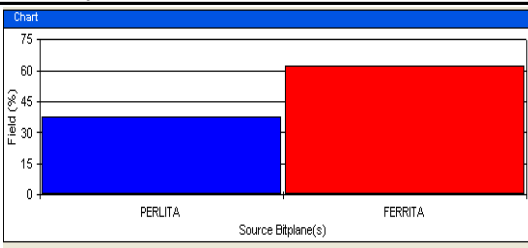


EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1" data-bbox="311 560 831 593"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,94</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTM E112-96	1	9,94				
FidNo	ASTM E112-96								
1	9,94								
Tamaño de grano	9,94								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1" data-bbox="858 952 1390 1019"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,8</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>64,2</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,8	FERRITA	64,2
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,8								
FERRITA	64,2								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35.8\%) + 0.022$ $\%C = 0.286 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.358(240) + 0.642(90)$ $HB = 143.7$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(143.7) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.850 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-06
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen		Código laboratorio	H6
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO			
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA			
			
40x	100x		
			
200x	400x		

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,71</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTM E112-96	1	9,71				
FidNo	ASTM E112-96								
1	9,71								
Tamaño de grano	9,71								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>37,9</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>62,1</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	37,9	FERRITA	62,1
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	37,9								
FERRITA	62,1								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (37.9\%) + 0.022$ $\%C = 0.3017 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.379(240) + 0.621(90)$ $HB = 146.85$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(146.85) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 73.425 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-07
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T4.1	Código laboratorio	H7

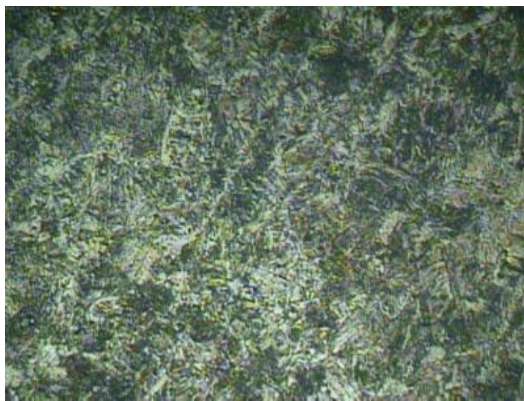
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

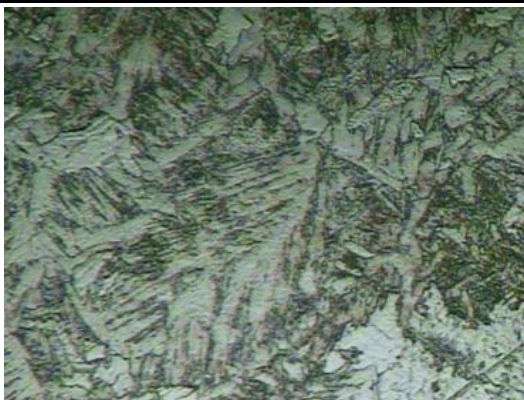
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



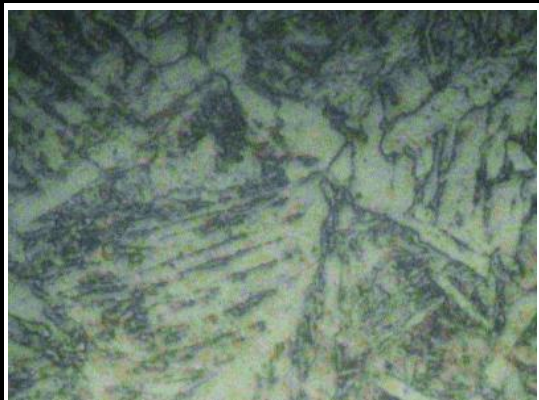
40x



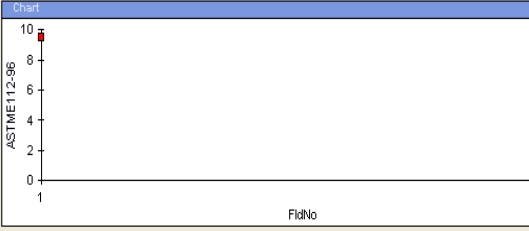

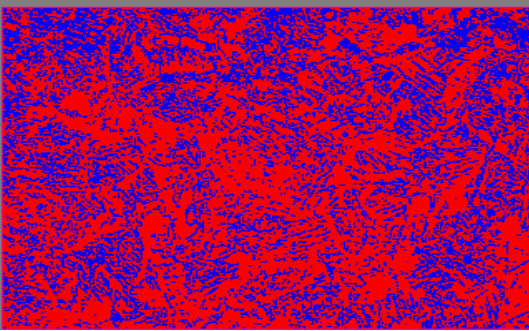
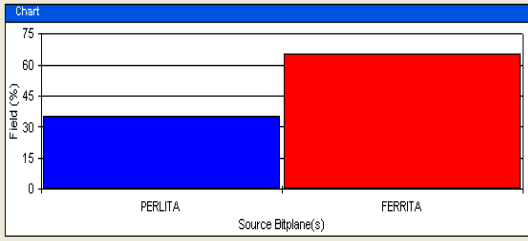
100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,46</td> </tr> </tbody> </table>				FidNo	ASTM E112-96	1	9,46		
FidNo	ASTM E112-96								
1	9,46								
Tamaño de grano	9,46								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>35,0</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>65,0</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	35,0	FERRITA	65,0
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	35,0								
FERRITA	65,0								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (35\%) + 0.022$ $\%C = 0.2803 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.35(240) + 0.65(90)$ $HB = 142.5$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(142.5) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 71.250 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-08
Material	ASTM HSLA A1011 Gr 50 con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	HSLA T4.2	Código laboratorio	H8

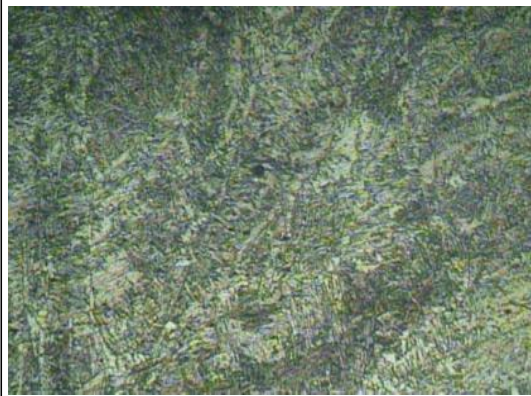
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

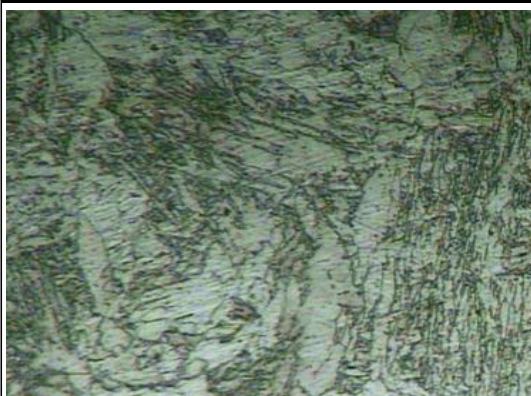
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



40x



100x





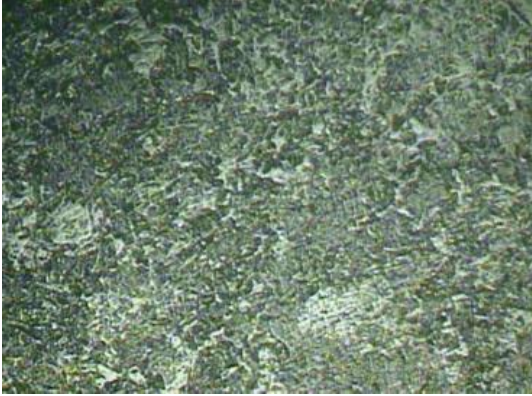
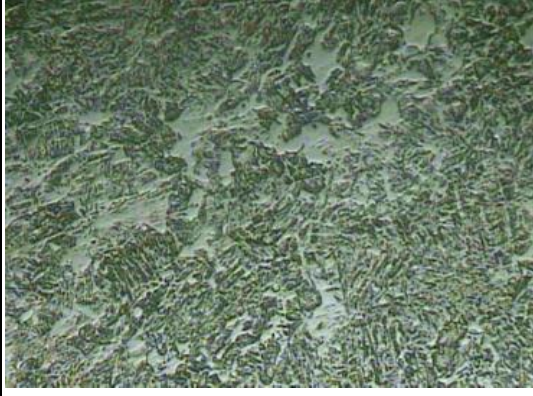
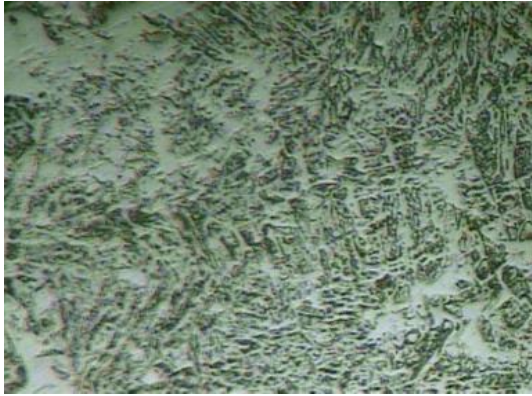
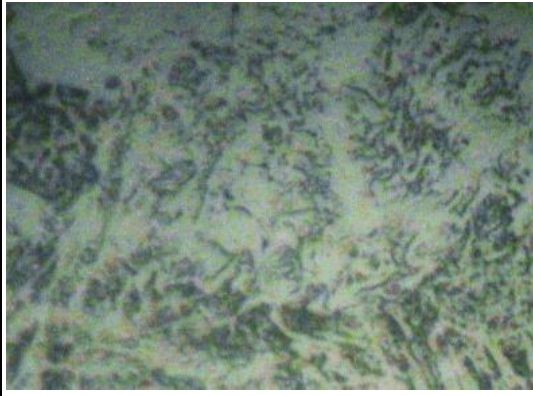
200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FldNo</th> <th>ASTME112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,02</td> </tr> </tbody> </table>				FldNo	ASTME112-96	1	9,02		
FldNo	ASTME112-96								
1	9,02								
Tamaño de grano	9,02								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>37,6</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>62,4</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	37,6	FERRITA	62,4
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	37,6								
FERRITA	62,4								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (37.6\%) + 0.022$ $\%C = 0.299 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.376(240) + 0.624(90)$ $HB = 146.4$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(146.4)\text{(psi)}$ $\sigma_u = 73.200 \text{ (kpsi)}$ 									

4.2.4 Ensayos metalográficos de Acero ASTM A500 Grado C

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-09		
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019		
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM				
Código del espécimen	GT 1.1	Código laboratorio	G1		
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO					
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico				
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A		
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO					
Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico				
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500		
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s		
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA					
					
40x			100x		
					
200x			400x		

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTME112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,27</td> </tr> </tbody> </table>				FidNo	ASTME112-96	1	9,27		
FidNo	ASTME112-96								
1	9,27								
Tamaño de grano	9,27								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>41,4</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>58,6</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	41,4	FERRITA	58,6
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	41,4								
FERRITA	58,6								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono <ul style="list-style-type: none"> $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (41.4\%) + 0.022$ $\%C = 0.327\%$ Dureza Brinell <ul style="list-style-type: none"> $HB = \%P(HB\ Perlita) + \%F(HB\ Ferrita)$ $HB = 0.414(240) + 0.586(90)$ $HB = 152.1$ Resistencia a la Tracción <ul style="list-style-type: none"> $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(152.1) (psi)$ $\sigma_u = 76.050 (kpsi)$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-10
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 1.2	Código laboratorio	G2

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

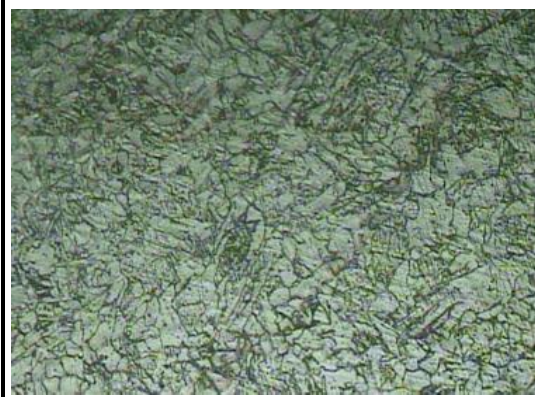
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

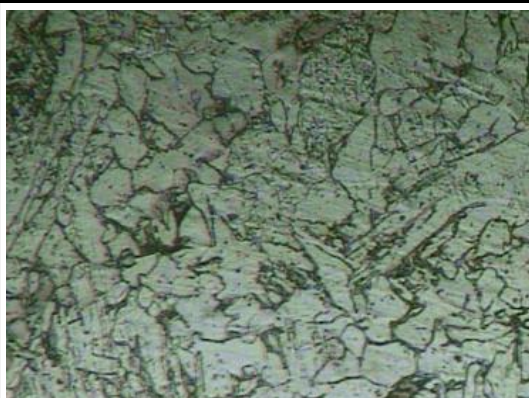
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



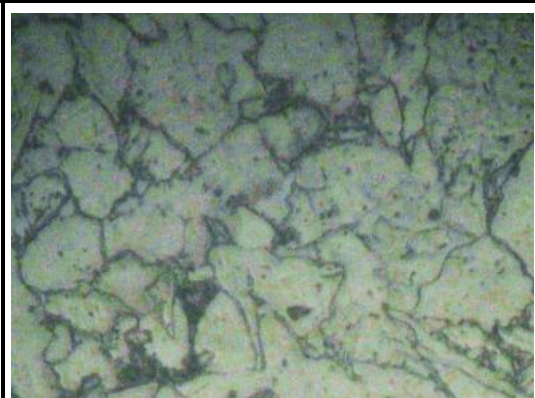
40x



100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FldNo</th> <th>ASTME112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,17</td> </tr> </tbody> </table>		FldNo	ASTME112-96	1	8,17				
FldNo	ASTME112-96								
1	8,17								
Tamaño de grano	8,17								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>40,9</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>59,1</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	40,9	FERRITA	59,1
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	40,9								
FERRITA	59,1								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>40,9</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>59,1</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	40,9	FERRITA	59,1
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	40,9								
FERRITA	59,1								
		Fases presentes							
		Ferrita y Perlita							
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono <ul style="list-style-type: none"> $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (40.9\%) + 0.022$ $\%C = 0.323 \%$ Dureza Brinell <ul style="list-style-type: none"> $HB = \%P(HB\ Perlita) + \%F(HB\ Ferrita)$ $HB = 0.409(240) + 0.591(90)$ $HB = 151.35$ Resistencia a la Tracción <ul style="list-style-type: none"> $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(151.35) (psi)$ $\sigma_u = 75.675 (kpsi)$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-11
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 2.1	Código laboratorio	G3

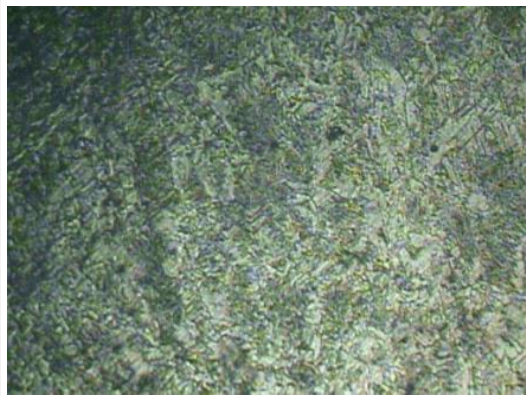
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

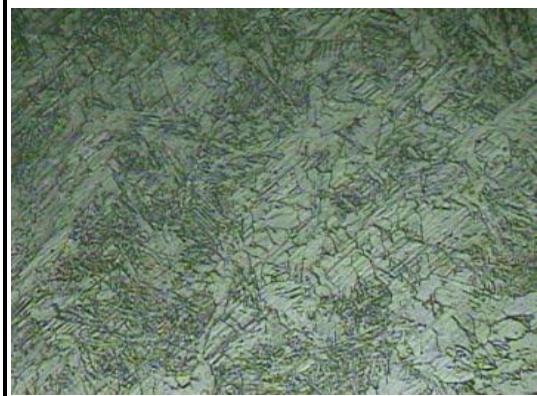
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

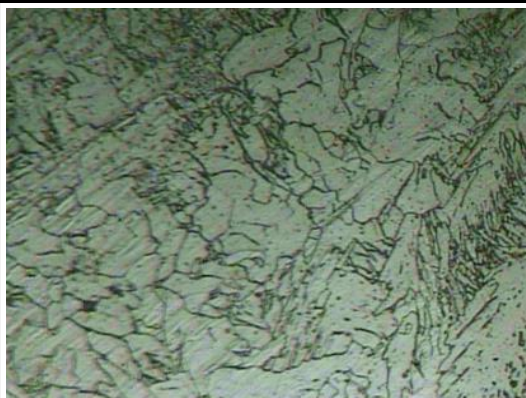
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



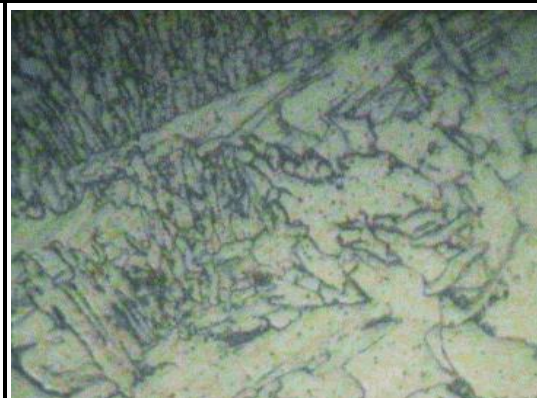
40x



100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9,17</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTM E112-96	1	9,17				
FidNo	ASTM E112-96								
1	9,17								
Tamaño de grano	9,17								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>39,7</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>60,3</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	39,7	FERRITA	60,3
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	39,7								
FERRITA	60,3								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (39.7\%) + 0.022$ $\%C = 0.314 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.397(240) + 0.603(90)$ $HB = 149.55$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(149.55) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 74.775 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-12
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 2.2	Código laboratorio	G4

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

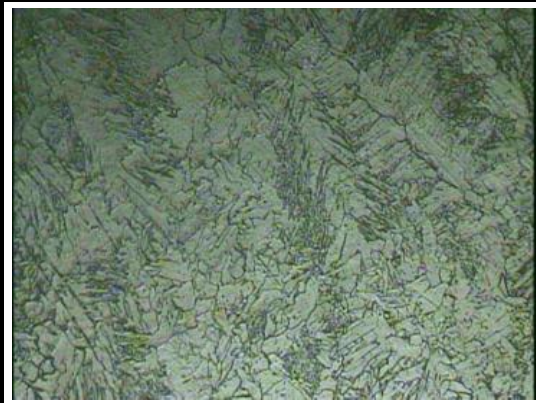
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

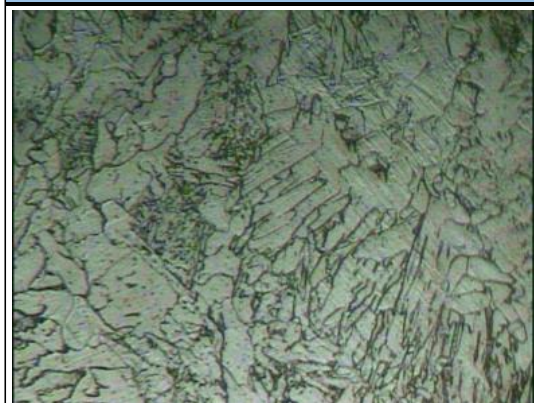
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



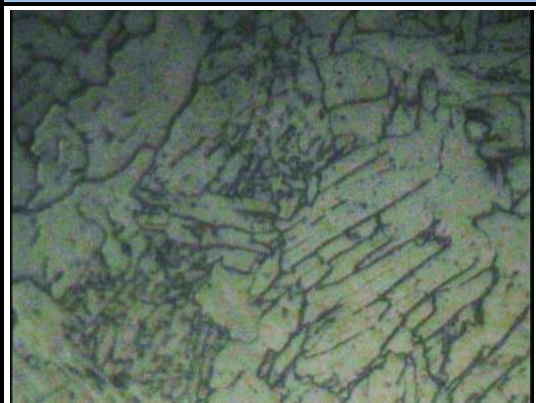
40x



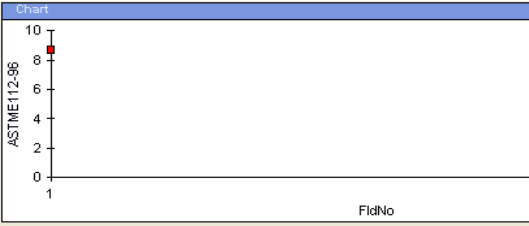
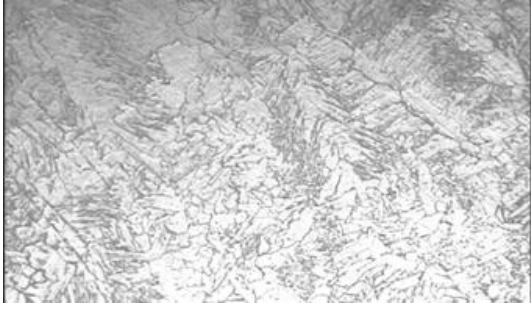
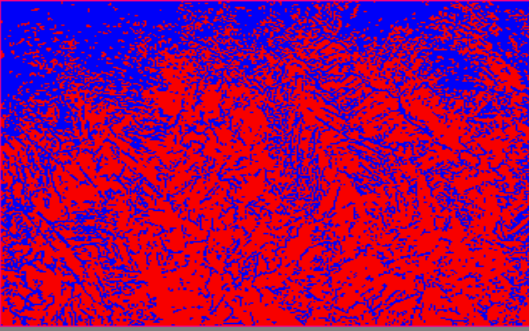
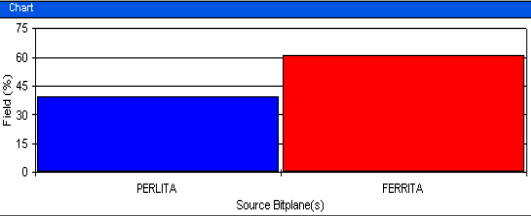
100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1" data-bbox="311 555 842 609"> <thead> <tr> <th>FldNo</th> <th>ASTME112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,65</td> </tr> </tbody> </table>		FldNo	ASTME112-96	1	8,65				
FldNo	ASTME112-96								
1	8,65								
Tamaño de grano	8,65								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1" data-bbox="858 936 1391 1012"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>39,3</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>60,7</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	39,3	FERRITA	60,7
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	39,3								
FERRITA	60,7								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (39.3\%) + 0.022$ $\%C = 0.3120 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.393(240) + 0.607(90)$ $HB = 148.95$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(148.95) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 74.475 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-13
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 3.1	Código laboratorio	G5

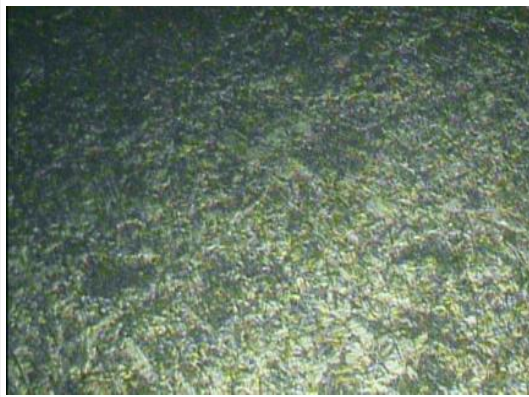
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



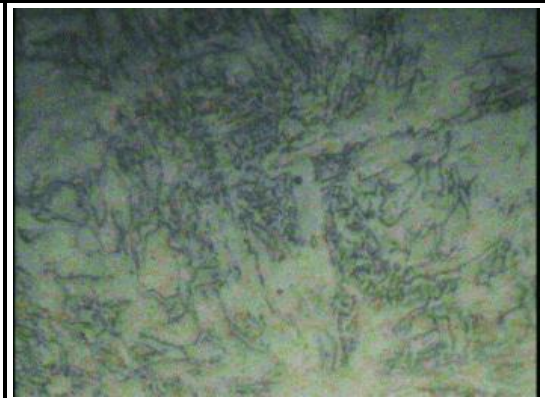
40x



100x



200x


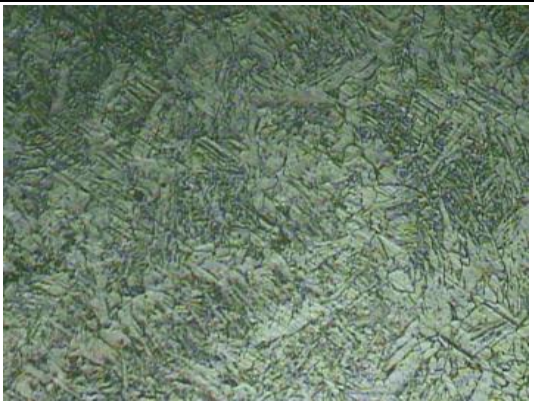
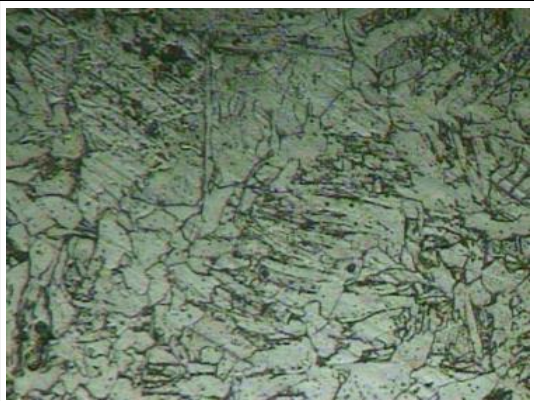
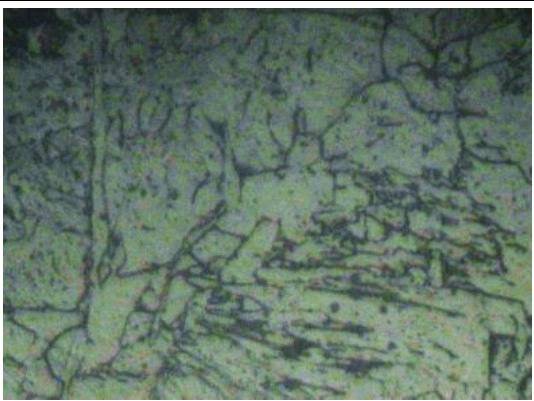


400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,48</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTM E112-96	1	8,48				
FidNo	ASTM E112-96								
1	8,48								
Tamaño de grano	8,48								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>39,1</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>60,9</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	39,1	FERRITA	60,9
Source Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	39,1								
FERRITA	60,9								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (39.1\%) + 0.022$ $\%C = 0.3105\%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.391(240) + 0.609(90)$ $HB = 148.65$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(148.65) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 74.325 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-14
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 3.2	Código laboratorio	G6
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO			
Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA			
			
40x	100x		
			
200x	400x		

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTME112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,76</td> </tr> </tbody> </table>		FidNo	ASTME112-96	1	8,76				
FidNo	ASTME112-96								
1	8,76								
Tamaño de grano	8,76								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>40,7</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>59,3</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	40,7	FERRITA	59,3
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	40,7								
FERRITA	59,3								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono <ul style="list-style-type: none"> $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (40.7\%) + 0.022$ $\%C = 0.322\%$ Dureza Brinell <ul style="list-style-type: none"> $HB = \%P(HB\ Perlita) + \%F(HB\ Ferrita)$ $HB = 0.407(240) + 0.593(90)$ $HB = 151.05$ Resistencia a la Tracción <ul style="list-style-type: none"> $\sigma_u = 500HB (psi)$ $\sigma_u = 500(151.05) (psi)$ $\sigma_u = 75.525 (kpsi)$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-15
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 4.1	Código laboratorio	G7

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

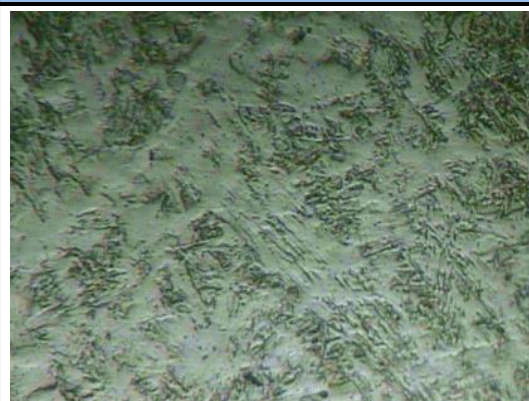
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



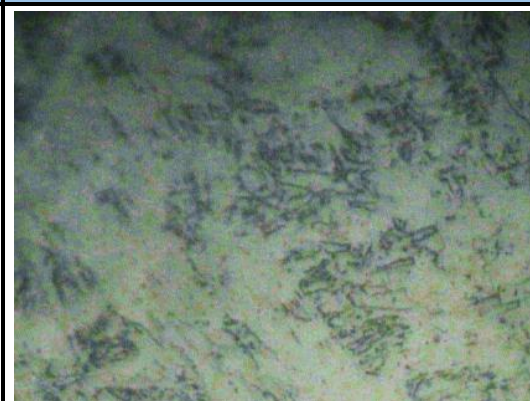
40x



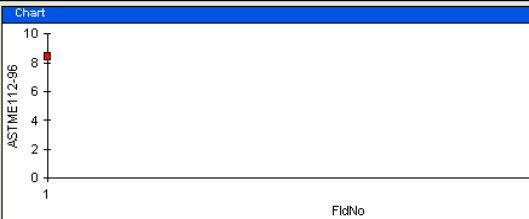
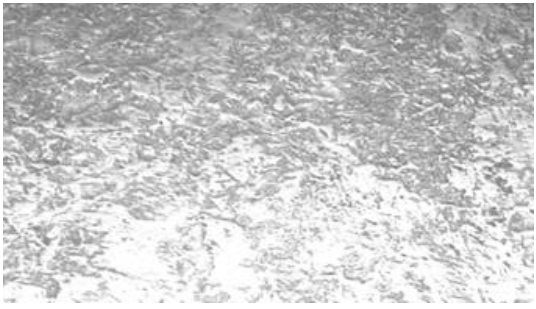
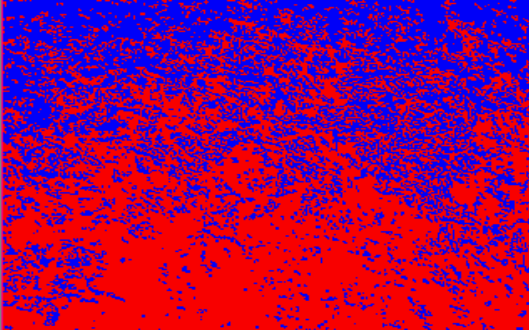
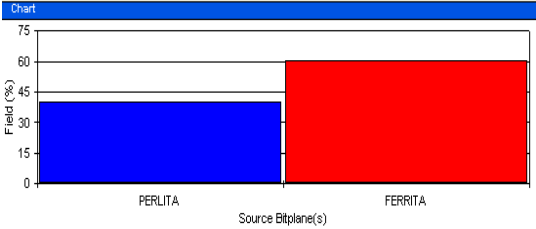
100x



200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
 <table border="1" data-bbox="311 555 842 604"> <thead> <tr> <th>FldNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,42</td> </tr> </tbody> </table>		FldNo	ASTM E112-96	1	8,42				
FldNo	ASTM E112-96								
1	8,42								
Tamaño de grano	8,42								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
		 <table border="1" data-bbox="858 947 1396 1019"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>39,9</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>60,1</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	39,9	FERRITA	60,1
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	39,9								
FERRITA	60,1								
		Fases presentes	Ferrita y Perlita						
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (39.9\%) + 0.022$ $\%C = 0.316 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.399(240) + 0.601(90)$ $HB = 149.85$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(149.85) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 74.925 \text{ (kpsi)}$ 									



ENSAYO METALGRÁFICO Y ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	M-16
Material	ASTM A500 Grado C galvanizado con soldadura GMAW ER70S-6		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	19/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Metalografía - FICM		
Código del espécimen	GT 4.2	Código laboratorio	G8

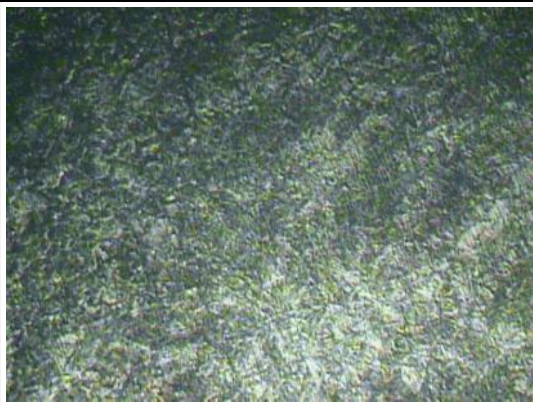
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DE ENSAYO

Lugar	Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi Chico		
Temperatura Ambiente	20 °C	Radiación	N/A
Velocidad del aire circundante	0,1 m/s	Otros	N/A

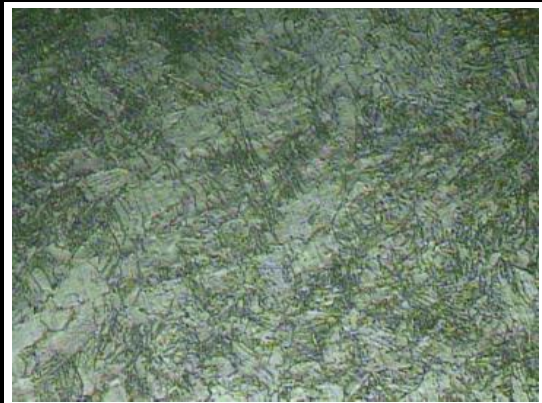
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie	Pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido	24 °C	Superficie preparada en	Lijas 240, 320, 400, 600 y 1500
Ataque químico de la superficie	Nital 2	Durante	8 s

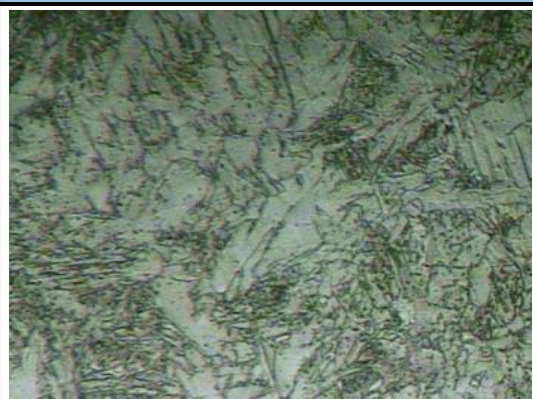
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA



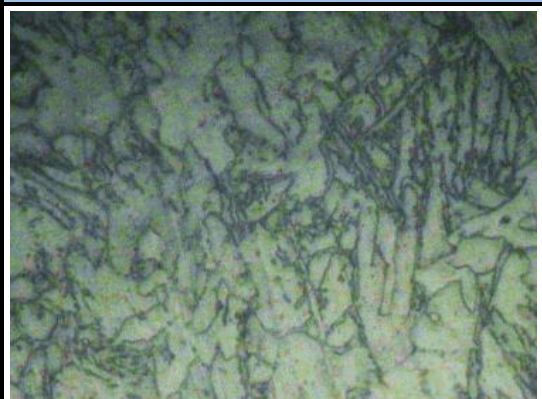
40x





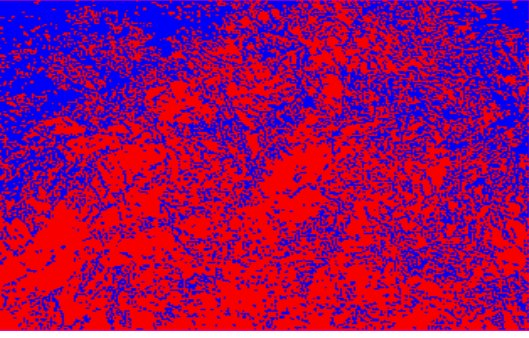
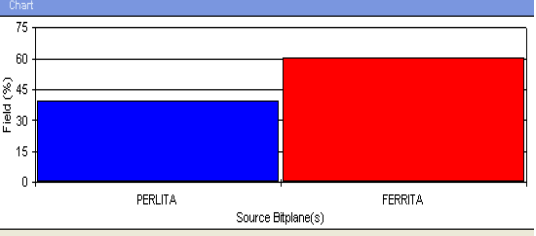
100x





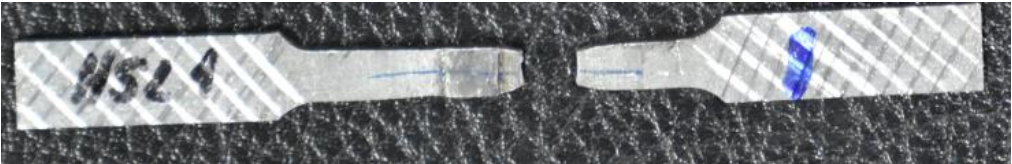
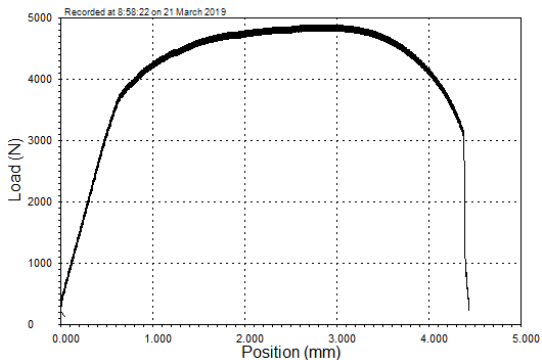
200x



400x

EVALUACIÓN DE MICROESTRUCTURA									
Determinación del tamaño de grano		Microestructura							
Método	ASTM E112-96	Magnificación	100x						
									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FidNo</th> <th>ASTM E112-96</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8,86</td> </tr> </tbody> </table>				FidNo	ASTM E112-96	1	8,86		
FidNo	ASTM E112-96								
1	8,86								
Tamaño de grano	8,86								
Componentes microestructurales		Porcentaje de fases							
									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERLITA</td> <td>39,6</td> </tr> <tr> <td>FERRITA</td> <td>60,4</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	PERLITA	39,6	FERRITA	60,4
S. Bitplane(s)	Field (%)								
PERLITA	39,6								
FERRITA	60,4								
Fases presentes		Ferrita y Perlita							
Cálculo de la resistencia a la tracción y % de Carbono									
<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de Carbono $\%C = 0.738 \%P + 0.022$ $\%C = 0.738 (39.6\%) + 0.022$ $\%C = 0.314 \%$ Dureza Brinell $HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$ $HB = 0.396(240) + 0.604 (90)$ $HB = 149.4$ Resistencia a la Tracción $\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 500(149.4) \text{ (psi)}$ $\sigma_u = 74.700 \text{ (kpsi)}$ 									

4.2.5 Ensayos de tracción de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO DE TRACCIÓN					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-01		
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019		
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito				
Código del espécimen	HSL 1	Código laboratorio	17216850-ETM 01-1		
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW		
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6		
Espesor (mm)	2	Gas de protección	CO ₂		
FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN					
					
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame		
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F		
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min		
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8				
RESULTADOS					
Longitud Inicial (mm)	41,1	Longitud Final (mm)	48,1		
Fuerza Máxima (N)	5235	Resistencia a tracción (Mpa)	447,4		
Fuerza de Fluencia (N)	3750	Límite de fluencia (Mpa)	320,5		
Fuerza de rotura (N)	4352	Resistencia a la rotura (Mpa)	295		
% de Elongación	17	Tipo de rotura	Dúctil		
Diagrama Esfuerzo- Deformación					
					



ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-02
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 2	Código laboratorio	17216850-ETM 01-2

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	2	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



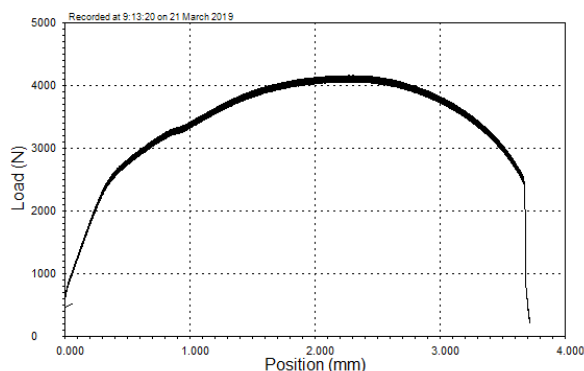
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,4	Longitud Final (mm)	48,4
Fuerza Máxima (N)	4738	Resistencia a tracción (Mpa)	455,6
Fuerza de Fluencia (N)	3308	Límite de fluencia (Mpa)	318,1
Fuerza de rotura (N)	3744	Resistencia a la rotura (Mpa)	360
% de Elongación	16,9	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-03
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 3	Código laboratorio	17216850-ETM 01-3

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	2,08	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



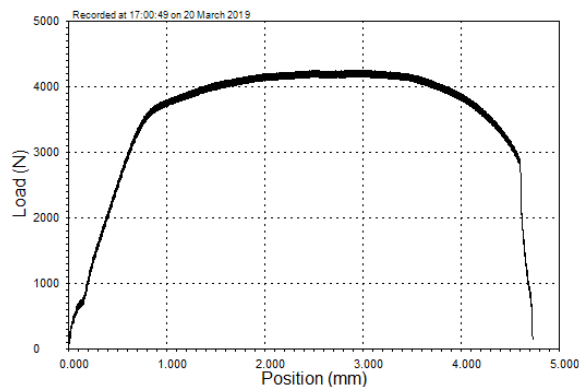
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,2	Longitud Final (mm)	47,8
Fuerza Máxima (N)	5514	Resistencia a tracción (Mpa)	490,9
Fuerza de Fluencia (N)	3477	Límite de fluencia (Mpa)	309,6
Fuerza de rotura (N)	3887	Resistencia a la rotura (Mpa)	346,1
% de Elongación	16,1	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-04
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 4	Código laboratorio	17216850-ETM 01-4

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	2,1	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



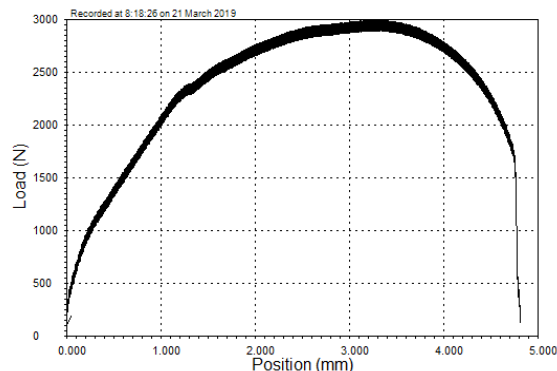
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40,4	Longitud Final (mm)	47,9
Fuerza Máxima (N)	5756	Resistencia a tracción (Mpa)	464,6
Fuerza de Fluencia (N)	4040	Límite de fluencia (Mpa)	326,1
Fuerza de rotura (N)	4291	Resistencia a la rotura (Mpa)	346,3
% de Elongación	18,7	Tipo de rotura	Moderadamente Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-05
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 5	Código laboratorio	17216850-ETM 01-5

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	2,1	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



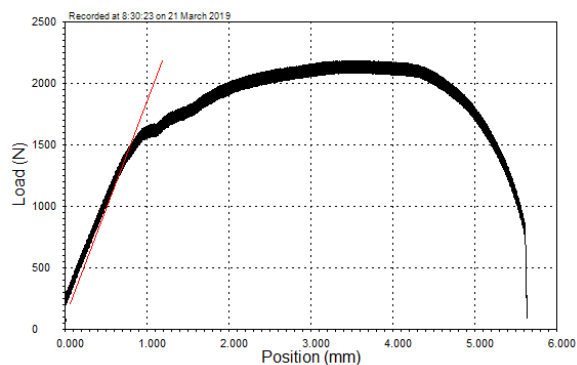
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40,5	Longitud Final (mm)	47
Fuerza Máxima (N)	5377	Resistencia a tracción (Mpa)	492,4
Fuerza de Fluencia (N)	3833	Límite de fluencia (Mpa)	351
Fuerza de rotura (N)	3668	Resistencia a la rotura (Mpa)	335,9
% de Elongación	16	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-06
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 6	Código laboratorio	17216850-ETM 01-6

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	2,08	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



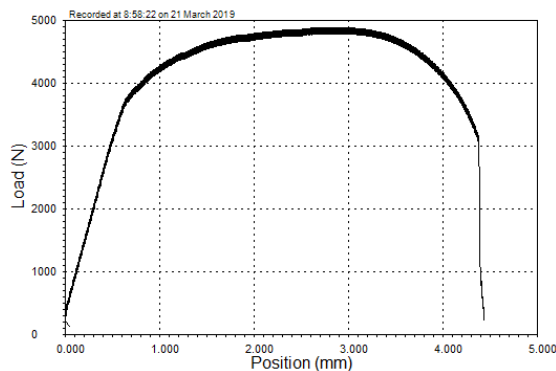
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,2	Longitud Final (mm)	49,1
Fuerza Máxima (N)	5099	Resistencia a tracción (Mpa)	480,7
Fuerza de Fluencia (N)	3460	Límite de fluencia (Mpa)	326,2
Fuerza de rotura (N)	3790	Resistencia a la rotura (Mpa)	357,3
% de Elongación	19,2	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-07
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 7	Código laboratorio	17216850-ETM 01-7

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,87	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



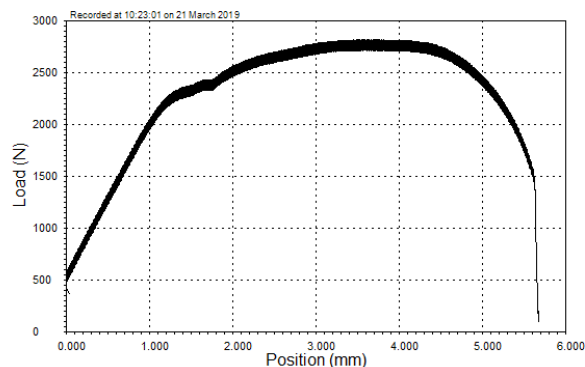
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,4	Longitud Final (mm)	48,7
Fuerza Máxima (N)	5149	Resistencia a tracción (Mpa)	470,7
Fuerza de Fluencia (N)	3381	Límite de fluencia (Mpa)	309,1
Fuerza de rotura (N)	3898	Resistencia a la rotura (Mpa)	356,3
% de Elongación	17,6	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-08
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	21/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	HSL 8	Código laboratorio	17216850-ETM 01-8

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	HSLA A1011 Grado 50	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,85	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



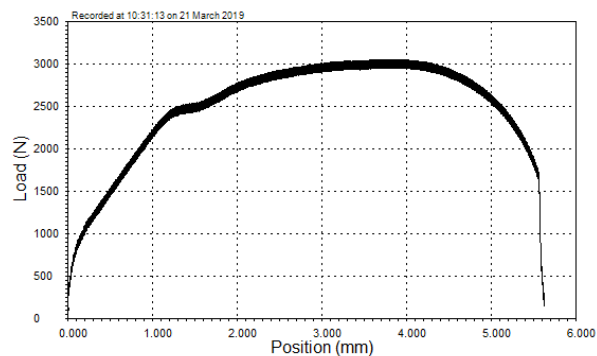
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		




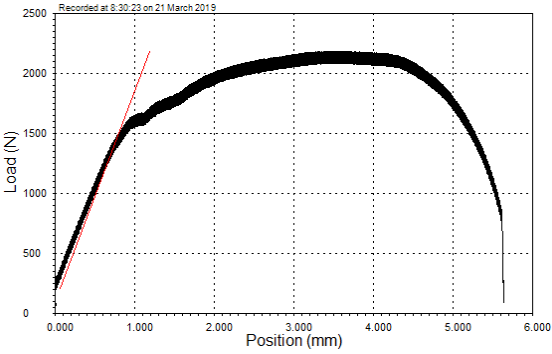
RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40,2	Longitud Final (mm)	47,1
Fuerza Máxima (N)	4835	Resistencia a tracción (Mpa)	458,5
Fuerza de Fluencia (N)	3040	Límite de fluencia (Mpa)	288,3
Fuerza de rotura (N)	3594	Resistencia a la rotura (Mpa)	340,8
% de Elongación	17,2	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación



4.2.6 Ensayos de tracción de Acero ASTM A500 Grado C

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO DE TRACCIÓN					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-09		
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019		
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito				
Código del espécimen	G 1a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-1		
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW		
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6		
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂		
FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN					
					
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame		
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F		
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min		
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8				
RESULTADOS					
Longitud Inicial (mm)	40	Longitud Final (mm)	47,6		
Fuerza Máxima (N)	4909	Resistencia a tracción (Mpa)	454,5		
Fuerza de Fluencia (N)	3767	Límite de fluencia (Mpa)	348,8		
Fuerza de rotura (N)	3606	Resistencia a la rotura (Mpa)	333,9		
% de Elongación	19,1	Tipo de rotura	Dúctil		
Diagrama Esfuerzo- Deformación					
					



ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-10
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 2a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-2

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



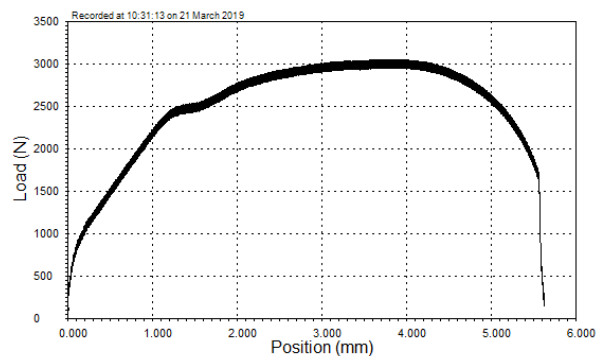
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40	Longitud Final (mm)	47,3
Fuerza Máxima (N)	4518	Resistencia a tracción (Mpa)	425,4
Fuerza de Fluencia (N)	3422	Límite de fluencia (Mpa)	322,2
Fuerza de rotura (N)	3591	Resistencia a la rotura (Mpa)	338,1
% de Elongación	18,3	Tipo de rotura	Moderadamente Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

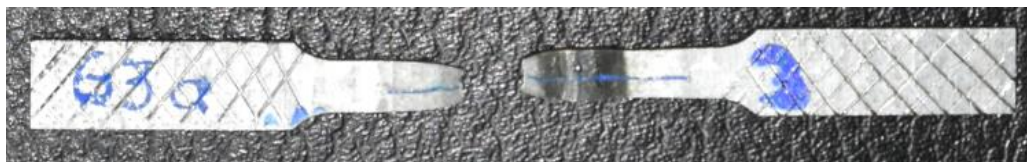
Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-11
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 3a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-3

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



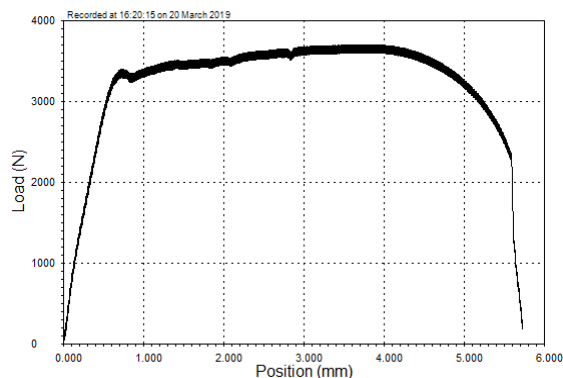
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,1	Longitud Final (mm)	49,2
Fuerza Máxima (N)	4752	Resistencia a tracción (Mpa)	451,3
Fuerza de Fluencia (N)	3450	Límite de fluencia (Mpa)	327,6
Fuerza de rotura (N)	3879	Resistencia a la rotura (Mpa)	368,4
% de Elongación	19,7	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-12
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 4a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-4

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



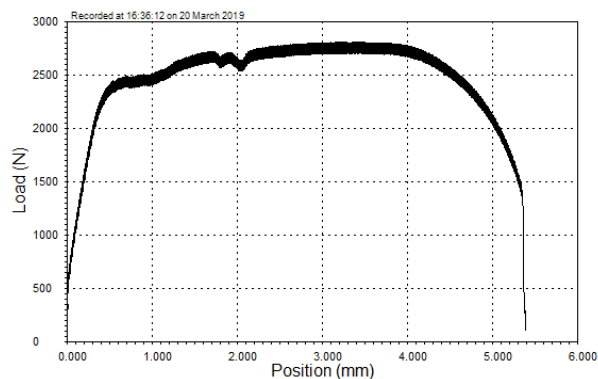
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40,9	Longitud Final (mm)	48,8
Fuerza Máxima (N)	4585	Resistencia a tracción (Mpa)	437,7
Fuerza de Fluencia (N)	3362	Límite de fluencia (Mpa)	320,9
Fuerza de rotura (N)	3376	Resistencia a la rotura (Mpa)	322,3
% de Elongación	19,3	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-13
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 5a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-5

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



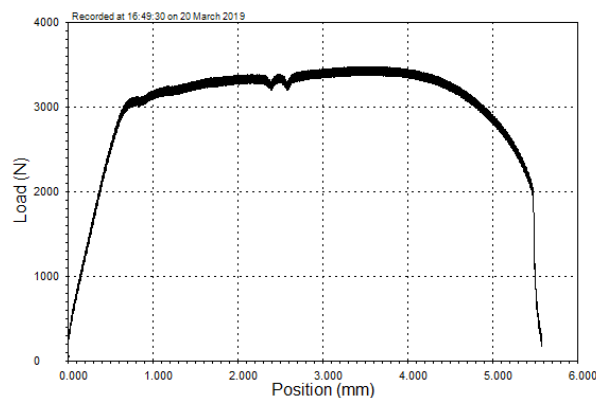
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,2	Longitud Final (mm)	48,3
Fuerza Máxima (N)	4621	Resistencia a tracción (Mpa)	442,6
Fuerza de Fluencia (N)	3428	Límite de fluencia (Mpa)	328,4
Fuerza de rotura (N)	3874	Resistencia a la rotura (Mpa)	371,1
% de Elongación	17,2	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

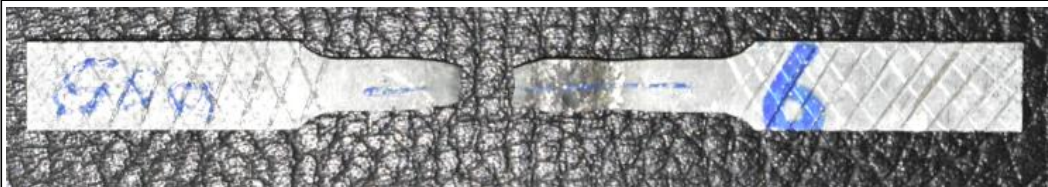
Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-14
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 6a	Código laboratorio	17216849-ETM 01-6

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



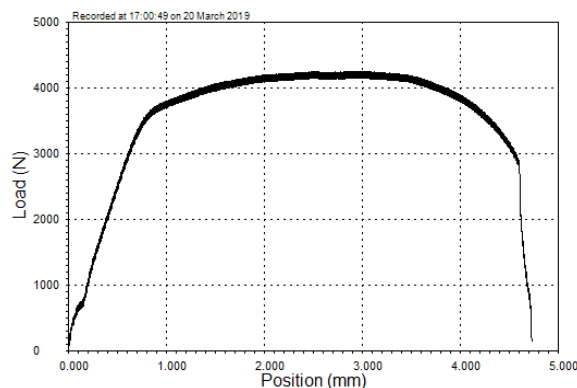
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,3	Longitud Final (mm)	48,5
Fuerza Máxima (N)	4556	Resistencia a tracción (Mpa)	436,4
Fuerza de Fluencia (N)	3364	Límite de fluencia (Mpa)	322,2
Fuerza de rotura (N)	4678	Resistencia a la rotura (Mpa)	448,1
% de Elongación	17,4	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

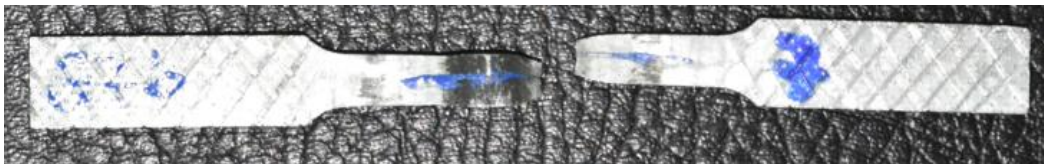
Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-15
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 7b	Código laboratorio	17216849-ETM 01-7

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,8	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



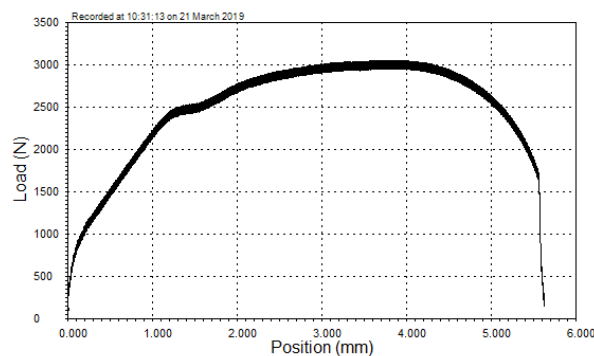
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		

RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	41,5	Longitud Final (mm)	48,9
Fuerza Máxima (N)	4407	Resistencia a tracción (Mpa)	429,5
Fuerza de Fluencia (N)	3307	Límite de fluencia (Mpa)	322,3
Fuerza de rotura (N)	3964	Resistencia a la rotura (Mpa)	386,4
% de Elongación	17,8	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación





ENSAYO DE TRACCIÓN

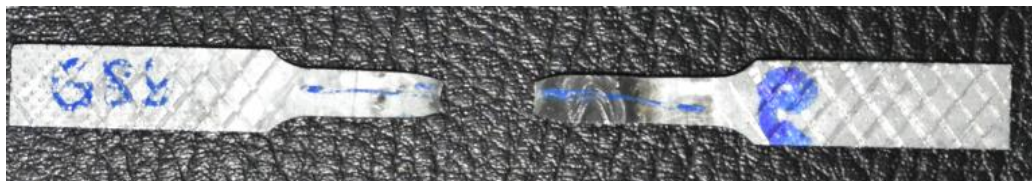
Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	T-16
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	20/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito		
Código del espécimen	G 8b	Código laboratorio	17216849-ETM 01-8

ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN

Material Base	ASTM A 500 Grado C	Proceso de soldadura	GMAW
Geometría	Plana	Material de aporte	ER70S-6
Espesor (mm)	1,86	Gas de protección	CO ₂

FOTOGRAFÍA DEL ESPÉCIMEN



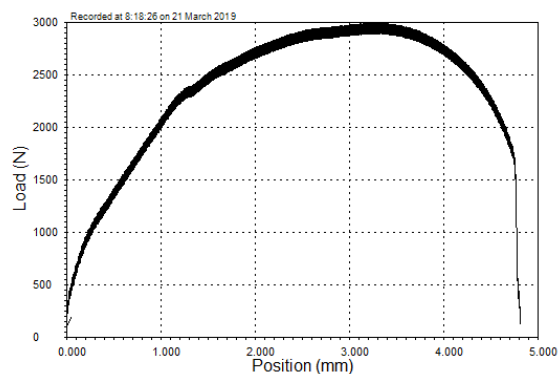
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Código/ Norma Aplicado	NTE INEN ISO 6892-1	Equipo	Maquina de ensayos universal TestResources 50KN - 300 Frame
Norma de Referencia	ASTM E8M	Serie	1608018-01F
Método	Deformación controlada (Cuantitativo)	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Observaciones	La probeta se extrajo de una junta a tope con soldadura GMAW(MAG) , cortada por electroerosión con hilo según la norma ASTM E8		


RESULTADOS

Longitud Inicial (mm)	40,9	Longitud Final (mm)	48,8
Fuerza Máxima (N)	4585	Resistencia a tracción (Mpa)	448,2
Fuerza de Fluencia (N)	3402	Límite de fluencia (Mpa)	332,6
Fuerza de rotura (N)	3262	Resistencia a la rotura (Mpa)	318,9
% de Elongación	19,3	Tipo de rotura	Dúctil

Diagrama Esfuerzo- Deformación



4.2.7 Ensayos de dureza de Acero ASTM HSLA A1011 Gr 50

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017 </div> 			
ENSAYO DE DUREZA			
Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D1
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 1.1	Código laboratorio	EDB 01-1
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s
RESULTADOS			
MEDICIONES		FOTOGRAFÍA	
Medición	Dureza HB		
ZF1	143		
ZF2	140		
ZF3	144		
Promedio	142,33		
INTERPRETACION DE RESULTADOS			
Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.			
Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.			



ENSAYO DE DUREZA


Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D2
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 1	Código laboratorio	EDB 01-2

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	151	
ZF2	153	
ZF3	149	
Promedio	151,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D3
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 2.2	Código laboratorio	EDB 01-3

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	141	
ZF2	140	
ZF3	144	
Promedio	141,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.



ENSAYO DE DUREZA


Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D4
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 2	Código laboratorio	EDB 01-4

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	142	
ZF2	141	
ZF3	140	
Promedio	141,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D5
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 3.3	Código laboratorio	EDB 01-5

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	147	
ZF2	152	
ZF3	151	
Promedio	150,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D6
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 3	Código laboratorio	EDB 01-6

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	147	
ZF2	150	
ZF3	148	
Promedio	148,33	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D7
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 4.4	Código laboratorio	EDB 01-7

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	159	
ZF2	161	
ZF3	168	
Promedio	162,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D8
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW		
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Código del espécimen	HSLD 4	Código laboratorio	EDB 01-8

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	24,8 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS




MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	139	
ZF2	145	
ZF3	145	
Promedio	143,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.

4.2.8 Ensayos de dureza de Acero ASTM A500 Grado C

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017 </div> 			
ENSAYO DE DUREZA			
Datos informativos			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D9
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP. Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 1.1	Código laboratorio	EDB 02-1
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s
RESULTADOS			
MEDICIONES		FOTOGRAFÍA	
Medición	Dureza HB		
ZF1	108		
ZF2	105		
ZF3	106		
Promedio	106,33		
INTERPRETACION DE RESULTADOS			
Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.			
Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.			



ENSAYO DE DUREZA


Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D10
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP. Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 1	Código laboratorio	EDB 02-2

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	124	
ZF2	126	
ZF3	128	
Promedio	126,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D11
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 2.2	Código laboratorio	EDB 02-3

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	161	
ZF2	162	
ZF3	160	
Promedio	161,00	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D12
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 2	Código laboratorio	EDB 02-4

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	129	
ZF2	127	
ZF3	130	
Promedio	128,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D13
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 3.3	Código laboratorio	EDB 02-5

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	130	
ZF2	133	
ZF3	132	
Promedio	131,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D14
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 3	Código laboratorio	EDB 02-6

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	143	
ZF2	138	
ZF3	141	
Promedio	140,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.



ENSAYO DE DUREZA

Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D15
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 4.4	Código laboratorio	EDB 02-7

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	111	
ZF2	106	
ZF3	115	
Promedio	110,67	

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta a tope.



ENSAYO DE DUREZA


Datos informativos

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	D16
Material	Acero ASTM A500 Grado C con soldadura GMAW		
Solicitado por	UTA-FICM - CEPOS	Fecha	27/03/2019
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de análisis metalográfico - CFPMC - HGP.Tungurahua		
Realizado por	Ing. Vladimir Poveda	Supervisado por	Ing. José Yunapanta
Código del espécimen	GD 4	Código laboratorio	EDB 02-8

PARÁMETROS DE ENSAYO

Método	Dureza Brinnell	Equipo	Durómetro ERNST
Norma aplicada	NTE INEN ISO 6506-01	Modelo	NR3 DR - 4651
Carga aplicada	30 kN	Identador	PR3 AlMgSiO- 10mm
Temperatura de ensayo	25,1 °C	Tiempo	10 s

RESULTADOS



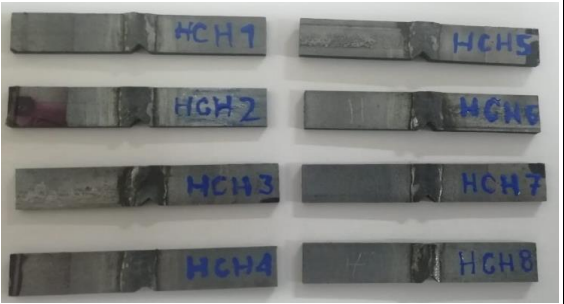

MEDICIONES		FOTOGRAFÍA
Medición	Dureza HB	
ZF1	137	
ZF2	135	
ZF3	137	
Promedio	136,33	

INTERPRETACION DE RESULTADOS



Los valores obtenidos reflejan una dureza que corresponde a un acero blando, sin tratamientos.

Observaciones: Las mediciones se efectuaron en la zona de fusión del cordón de soldadura perteneciente a una junta de filete.

4.2.9 Ensayos de impacto de Acero ASTM HSLA A1011 Grado 50

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO DE IMPACTO					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	I 01		
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	17/07/2019		
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito				
Código del espécimen	HSLI 1-8	Código laboratorio	HCH 1-8		
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base	HSLA A1011 Gr 50	Proceso de soldadura	GMAW		
Tipo de probeta	Plana	Material de aporte	ER70S-6		
Dimensiones (mm)	55 x 10	Gas de protección	CO ₂		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Método	Tenacidad a la fractura	Equipo	Máquina Charpy		
Norma aplicada	ASTM E23	Modelo	Maglio N203		
Temperatura de ensayo	20 °C	Peso del martillo	22 kg		
Energía calibrada	15,47 kgm	Altura total de caída	1595 mm		
FOTOGRAFÍAS DEL ESPÉCIMEN					
Previo al ensayo			Posterior al ensayo		
					
RESULTADOS					
PROBETA	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Energía de ensayo (kgm)	Energía de ensayo (J)
HCH-1	55,1	9,9	2,1	13,9	136,31
HCH-2	55	10	2,1	13,9	136,31
HCH-3	55	10,1	2	13,8	135,33
HCH-4	54,9	10	1,9	13,8	135,33
HCH-5	55,1	10	2	13,6	133,37
HCH-6	55	10,1	1,9	13,9	136,31
HCH-7	54,9	9,9	2,1	13,9	136,31
HCH-8	55,1	9,9	1,9	13,8	135,33
PROMEDIO				13,83	135,58
INTERPRETACION DE RESULTADOS					
De acuerdo a la Norma AWS D1.3, el grupo de probetas absorbe una alta energía (135,6 J), generando fracturas en seis de ocho probetas, por lo que se puede calificar como material frágil al impacto.					
Observaciones: Las fracturas ocurrieron en la zona afectada térmicamente y no en el cordón de soldadura.					

4.2.10 Ensayos de impacto de Acero ASTM A500 Grado C

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017			
ENSAYO DE IMPACTO					
Datos informativos					
Tipo de estudio	De laboratorio		Ensayo N°	I 02	
Material	Acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 con soldadura GMAW				
Solicitado por	Ing. Vladimir Poveda		Fecha	17/07/2019	
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de Resistencia Materiales - UPS Quito				
Código del espécimen	GI 1-8		Código laboratorio	GHC 1-8	
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN					
Material Base	HSLA A1011 Gr 50		Proceso de soldadura	GMAW	
Tipo de probeta	Plana		Material de aporte	ER70S-6	
Dimensiones (mm)	55 x 10		Gas de protección	CO ₂	
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Método	Tenacidad a la fractura		Equipo	Máquina Charpy	
Norma aplicada	ASTM E23		Modelo	Maglio N203	
Temperatura de ensayo	20 °C		Peso del martillo	22 kg	
Energía calibrada	15,47 kgm		Altura total de caída	1595 mm	
FOTOGRAFÍAS DEL ESPÉCIMEN					
Previo al ensayo			Posterior al ensayo		
					
RESULTADOS					
PROBETA	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Energía de ensayo (kgm)	Energía de ensayo (J)
GHC-1	55	10	2	14,5	142,20
GHC-2	55,1	9,9	2	14,4	141,22
GHC-3	55	10	2,1	14,4	141,22
GHC-4	54,95	10	1,9	14,6	143,18
GHC-5	55	10,1	2	14,5	142,20
GHC-6	55,1	9,9	1,9	14,5	142,20
GHC-7	55	10	2	14,4	141,22
GHC-8	55	10	2	14,6	143,18
PROMEDIO				14,49	142,07
INTERPRETACION DE RESULTADOS					
De acuerdo a la Norma AWS D1.3, el grupo de probetas absorbe una alta energía (142,1 J), sin provocar fracturas en las probetas, por lo que se puede calificar al material como dúctil.					
Observaciones: Ninguna					

4.3 Interpretación de Resultados

4.3.1 Interpretación de los Ensayos de líquidos penetrantes

El fin de realizar una inspección de líquidos penetrantes a las probetas soldadas es para verificar y validar la calidad superficial de la soldadura, e identificar la existencia de discontinuidades, para garantizar que las juntas soldadas que se utilizaron en la obtención de las probetas para realizar los diferentes ensayos se encuentren sin discontinuidades.

La Tabla 18, muestra los resultados de la inspección por tintas penetrantes coloreadas a las uniones soldadas de HSLA A1011 Gr 50 con proceso GMAW utilizando alambre ER70S-6 y protección de CO₂. En esta inspección todas las juntas son declaradas aceptables y son aptas para que de ellas se extraigan las probetas para los ensayos de metalografía, tracción, dureza e impacto.

Tabla 18. Resultados de líquidos penetrantes en probetas HSLA A1011 Gr 50

Identificación del elemento	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Calificación
		FISURAS	POROS	ESCORIA	
T1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
T2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
T3	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
T4	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
H4	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
1a	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
2a	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
1b	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
2b	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
A pesar que 2 cordones de soldadura presentan poros y 1 mordedura, de acuerdo al Código AWS D1.3 ninguno de los cordones ensayados presenta discontinuidades que afecten considerablemente al estado de la soldadura					

Fuente: El autor

La Tabla 19, muestra los resultados de inspección por tintas penetrantes coloreadas a las uniones soldadas de Acero ASTM A500 Grado C con proceso GMAW utilizando alambre ER70S-6 y protección de CO₂. En esta inspección todas las juntas son declaradas aceptables y son aptas para que de ellas se extraigan las probetas para los ensayos de metalografía, tracción, dureza e impacto.

Tabla 19. Resultados de líquidos penetrantes en probetas ASTM A500 Grado C.

Identificación del elemento	Longitud examinada	DISCONTINUIDADES			Calificación
		FISURAS	POROS	ESCORIA	
GT1	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
GT2	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
GT3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
GT4	50 mm por cara de tubo	-	X	-	ACEPTABLE
G1	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
G2	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
G3	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
G4	50 mm por cara de tubo	-	-	-	ACEPTABLE
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
A pesar que 3 cordones de soldadura presentan poros, de acuerdo al Código AWS D1.3 ninguno de estos presenta discontinuidades que afecten considerablemente al estado de la soldadura					

Fuente: El autor

4.3.2 Interpretación de los Ensayos de Metalografía

El ensayo metalográfico en la junta soldada tiene por objetivo corroborar el tipo de acero y su composición microestructural, determinar el tamaño de grano formado y estimar la dureza superficial de los dos tipos de aceros estudiados en este proyecto, para poder comparar sus características en condiciones similares.

En base a las muestras analizadas del acero HSLA A1011 Gr 50, se puede establecer los valores promedio para el porcentaje de carbono es de 0,2866%; la dureza estimada es de 143,83 HB; su resistencia a la tracción corresponde a 495,44 MPa (71,93 ksi) y presenta un tamaño de grano de 9,77 tal como se muestra en la Tabla 20, resumen de los ensayos.

Tabla 20. Resultados de tracción en probetas de HSLA A1011 Gr 50.

IDENTIFICACION	% C	Dureza Brinell HB	Resistencia a la Tracción (ksi)	Resistencia a la Tracción (MPa)	TAMAÑO DE GRANO
HSLA T1.1	0,2803%	142,50	71,25	491,27	10,29
HSLA T1.2	0,2830%	143,25	71,63	493,85	10,39
HSLA T2.1	0,2817%	142,80	71,40	492,30	10,06
HSLA T2.2	0,2810%	142,65	71,33	491,79	9,29
HSLA T3.1	0,2860%	143,70	71,85	495,41	9,94
HSLA T3.2	0,3017%	146,85	73,43	506,27	9,71
HSLA T4.1	0,2803%	142,50	71,35	491,96	9,46
HSLA T4.2	0,2990%	146,40	73,20	504,71	9,02
PROMEDIO	0,2866%	143,83	71,93	495,94	9,77
DESVIACION ESTANDAR	0,0087%	1,7756	0,8777	6,0520	0,4870
COEFICIENTE DE VARIACION	3,0353%	0,012	0,012	0,012	0,050

Fuente: El autor

En relación con las muestras analizadas del acero A500 Grado C, se puede establecer los valores promedio para el porcentaje de carbono es de 0,3173%; la dureza estimada es de 150,11 HB; su resistencia a la tracción corresponde a 517,51 MPa (75,06 ksi) y tiene un tamaño de grano de 8,72 tal como se muestra en la Tabla 21, resumen de los ensayos.

Tabla 21. Resultados de tracción en probetas de ASTM A500 Grado C.

IDENTIFICACION	%C	Dureza Brinell HB	Resistencia a la Tracción (ksi)	Resistencia a la Tracción (MPa)	TAMAÑO DE GRANO
G T1.1	0,3270%	152,10	76,05	524,36	9,27
G T1.2	0,3230%	151,35	75,68	521,78	8,17
G T2.1	0,3140%	149,55	74,78	515,57	9,17
G T2.2	0,3120%	148,95	74,48	513,51	8,65
G T3.1	0,3105%	148,65	74,33	512,47	8,48
G T3.2	0,3220%	151,05	75,53	520,74	8,76
G T4.1	0,3160%	149,85	74,93	516,61	8,42
G T4.2	0,3140%	149,40	74,70	515,06	8,86
PROMEDIO	0,3173%	150,11	75,06	517,51	8,72
DESVIACION ESTANDAR	0,0059%	1,239	0,619	4,271	0,374
COEFICIENTE DE VARIACION	1,8700%	0,008	0,008	0,008	0,043

Fuente: El autor

4.3.2.1 Porcentaje de carbono en probetas ASTM HSLA A 1011 Gr 50

En la Figura 26, se muestra los resultados del porcentaje de Carbono de las probetas ASTM HSLA A 1011 Gr 50, siendo el máximo un valor de 0,3017% y el mínimo de 0,2803% correspondientes a las probetas HSLA T3.2 y HSLA T1.1 respectivamente para lo que el promedio de 0,2866% comparado con los valores de composición de 0,23% según la Norma ASTM A1011(Anexo A4), se encuentra un incremento de 0,566%; sin embargo se puede interpretar este incremento como inclusión metálica por parte del material de aporte, el alambre ER70S-6 utilizado, el cual tiene un 0,07% de Carbono (Anexo A6) y a otros metales aleantes como Niobio, Vanadio o Titanio ya que el análisis se hizo en la zona de fusión, el incremento refleja una combinación de propiedades de ambos elementos.

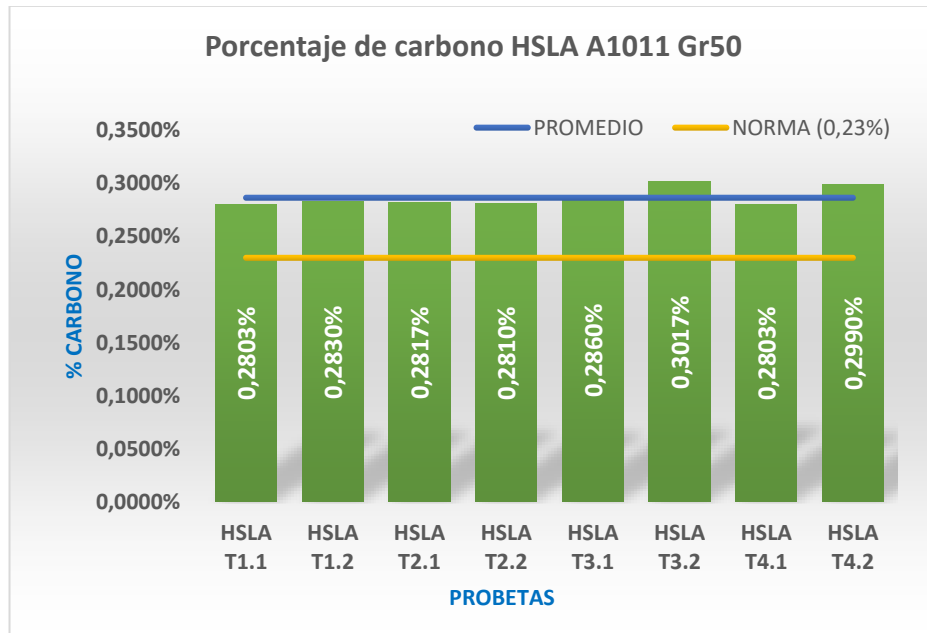


Figura 26. Porcentaje de Carbono HSLA ASTM A1011 Gr 50

Fuente: El autor

4.3.2.2 Porcentaje de carbono en probetas ASTM A500 Gr C

En la Figura 26, se visualizan los porcentajes de carbono en el acero ASTM A500 Grado C, cuyo valor máximo es de 0,327% en GT 1.1 y el mínimo de 0,3105% en GT 3.1. Por lo que el promedio de 0,3173% es un valor mayor al señalado en la norma ASTM A500, (Anexo A4.1) que establece un 0,27% de Carbono, superior con 0,047% y justificable porque el análisis se hizo en la zona de fusión de la junta soldada con lo que se combina a las propiedades del metal de aporte.

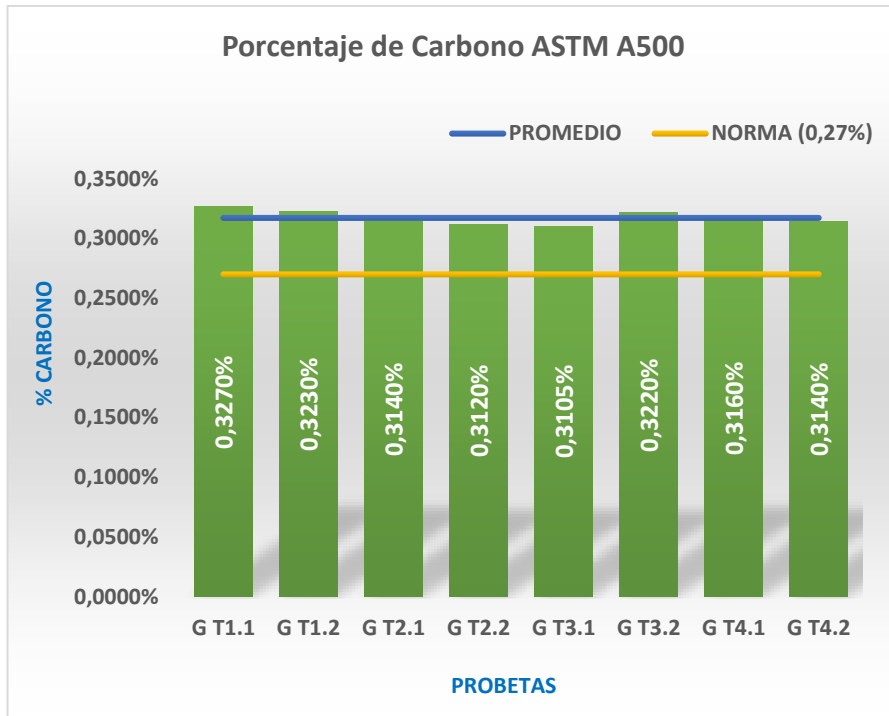


Figura 27. Porcentaje de Carbono ASTM A500 Grado C

Fuente: El autor

4.3.2.3 Análisis del tamaño de grano

Los valores de tamaño de grano entre ASTM HSLA A1011 Gr 50 y ASTM A500 Grado C se muestran en la Figura 27, cuyos promedios son de 9,77 y 8,72 respectivamente. Estos valores los califican a ambos materiales como de granos finos, por tanto, duros y resistentes; pero al mismo tiempo se aprecia que el HSLA A1011 Gr 50 presenta una ligera mejoría de tamaño comparado con el acero estructural.

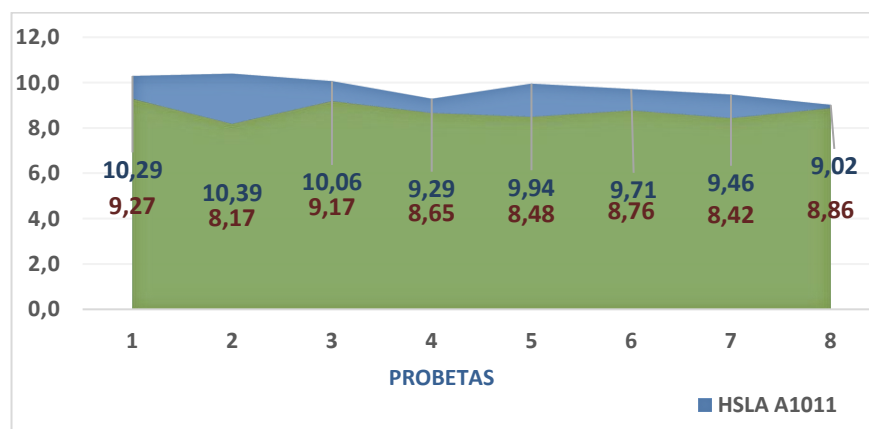


Figura 28. Tamaño de grano (ASTM E112)

Fuente: El autor

4.3.3 Interpretación de los Ensayos de Tracción

Los ensayos de tracción practicados muestran las propiedades mecánicas que serán analizadas a continuación como esfuerzo de fluencia (S_y), el esfuerzo último de tensión (S_{ut}), y el porcentaje de elongación en las probetas de aceros para estructuras metálicas.

En base a las muestras de tracción analizadas de ASTM HSLA A1011 Gr 50 se puede establecer los valores promedio para los resultados obtenidos, tal como se visualiza en la Tabla 22, así tenemos la fuerza máxima es de 5212,9 N; la fuerza de fluencia es de 3536,3 N; la fuerza de Rotura de 3790,41 N; su resistencia a la tracción es de 470,10 MPa; el límite de fluencia 318,61 MPa; la resistencia a la rotura es de 342,21 MPa y su elongación de 17,35%.

Tabla 22. Resultados de tracción en probetas de HSLA A1011 Gr 50.

IDENTIFICACIÓN	Fuerza máxima (N)	Fuerza Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a tracción (Mpa)	Limite fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
HSL 1	5235	3750	3452	447,4	320,5	295,0	17,0
HSL 2	4738	3308	3744	455,6	318,1	360,0	16,9
HSL 3	5514	3477	3887	490,9	309,6	346,1	16,1
HSL 4	5756	4040	4291	464,6	326,1	346,3	18,7
HSL 5	5377	3833	3668	492,4	351,0	335,9	16,0
HSL 6	5099	3460	3790	480,7	326,2	357,3	19,2
HSL 7	5149	3381	3898	470,7	309,1	356,3	17,6
HSL 8	4835	3040	3594	458,5	288,3	340,8	17,2
Promedio	5212,9	3536,3	3790,41	470,10	318,61	342,21	17,35
Desviación estandar Sn-1	337,7	320,5	251,24	16,62	17,96	20,86	1,12
Coficiente de variación	0,065	0,091	0,066	0,035	0,056	0,061	0,065

Fuente: El autor

Para las muestras analizadas de ASTM A500 Grado C, se puede establecer los valores promedio para los resultados obtenidos, tal como se visualiza en la Tabla 23, así tenemos la fuerza máxima es de 4616,5 N; la fuerza de fluencia es de 3437,7 N; la fuerza de Rotura de 3779,0 N; su resistencia a la tracción es de 440,70 MPa; el límite de fluencia 328,13 MPa; la resistencia a la rotura es de 360,90 MPa y su elongación de 18,52%.

Tabla 23. Resultados de tracción en probetas de ASTM A500 Grado C.

IDENTIFICACIÓN	Fuerza máxima (N)	Fuerza Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a tracción (Mpa)	Límite fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
G 1a	4909	3767	3606	454,5	348,8	333,9	19,1
G 2a	4518	3422	3591	425,4	322,2	338,1	18,3
G 3a	4752	3450	3879	451,3	327,6	368,4	19,7
G 4a	4585	3362	3376	437,7	320,9	322,3	19,3
G 5a	4621	3428	3874	442,6	328,4	371,1	17,2
G 6a	4556	3364	4678	436,4	322,2	448,1	17,4
G 7b	4407	3307	3964	429,5	322,3	386,4	17,8
G 8b	4585	3402	3262	448,2	332,6	318,9	19,3
Promedio	4616,5	3437,7	3779,0	440,70	328,13	360,90	18,52
Desviación estandar Sn-1	152,7	140,7	440,2	10,35	9,29	42,96	0,95
Coefficiente de variación	0,033	0,041	0,116	0,023	0,028	0,119	0,052

Fuente: El autor

4.3.3.1 Análisis de resistencia a la fluencia en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50

La resistencia a la fluencia arroja valores de 288,3 MPa hasta 351MPa, dando un promedio de 318,61 MPa, en la Figura 28, se muestran los valores de Límite de fluencia en cada probeta, así también como su contraste con el valor nominal de 340MPa, establecido en la norma ASTM A1011, (Anexo A4).

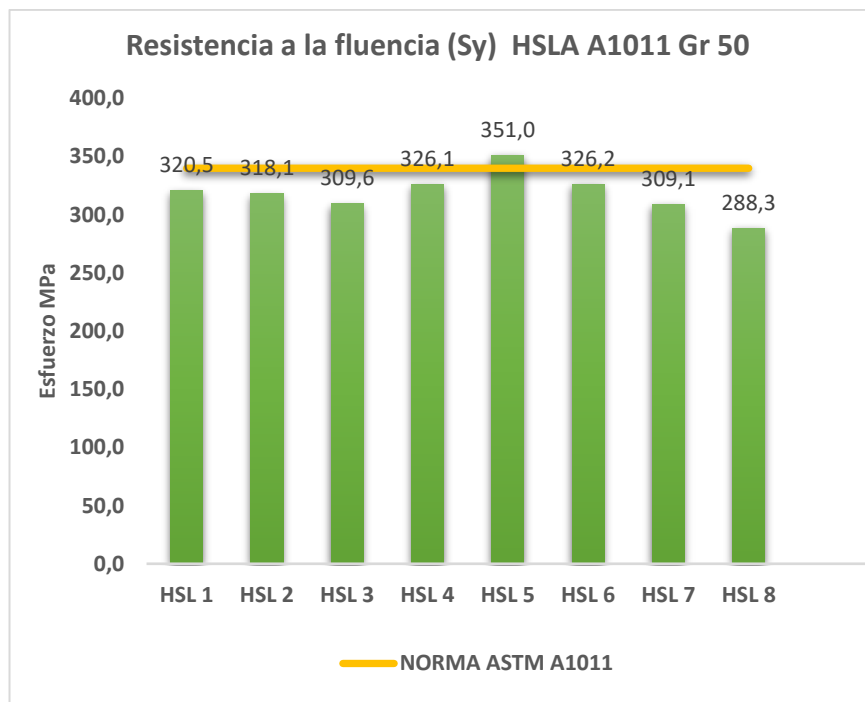


Figura 29. Resistencia a la fluencia (Sy) HSLA A1011 Gr 50.

Fuente: El autor

Es notorio que la mayoría de los resultados, no satisfacen los requerimientos de fluencia estipulados en la Norma ASTM A1011 para aceros de alta resistencia y baja aleación. Lo que demuestra una pérdida de 6,29% en el límite de fluencia al soldar las probetas con proceso GMAW y protección de CO₂ en relación al metal completamente homogéneo.

4.3.3.2 Análisis de resistencia a la fluencia en las probetas de ASTM A500 Grado C.

La resistencia a la fluencia arroja valores de 320,9MPa hasta 348,8MPa, dando un promedio de 328,13MPa, en la Figura 29, se muestran los valores de Límite de fluencia en cada probeta, así también como su contraste con el valor nominal de 345MPa, establecido en la norma ASTM A500, (Anexo A5).

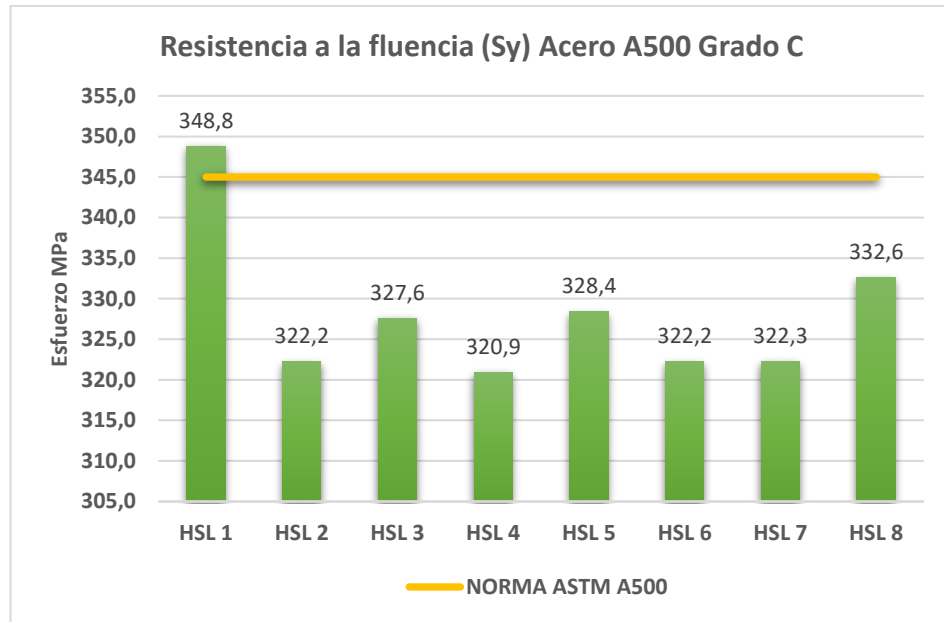


Figura 30. Resistencia a la fluencia (Sy) Acero A500 Grado C.

Fuente: El autor

Es más que evidente que apenas uno de los resultados satisface los requerimientos de fluencia estipulados en la Norma ASTM A500, para aceros estructurales. Lo que demuestra una pérdida de 4,89% en el límite de fluencia al soldar las probetas con proceso GMAW y protección de CO₂ en relación al metal completamente homogéneo.

4.3.3.3 Análisis de resistencia a la Tracción en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50.

Los valores de resistencia a la tracción estimado por el ensayo metalográfico y los calculados por el ensayo de tracción son presentados en la Figura 30; en los resultados del ensayo a tracción los valores fluctúan entre 447,4 MPa hasta 492,4 MPa, dando un promedio de 470,1 MPa, mientras que en los de la estimación varían entre 491,27MPa hasta 506,27 MPa, promediando 495,94 MPa. Adicionalmente se presenta el valor nominal de 450MPa, establecido en la norma ASTM A1011, (Anexo A.4).

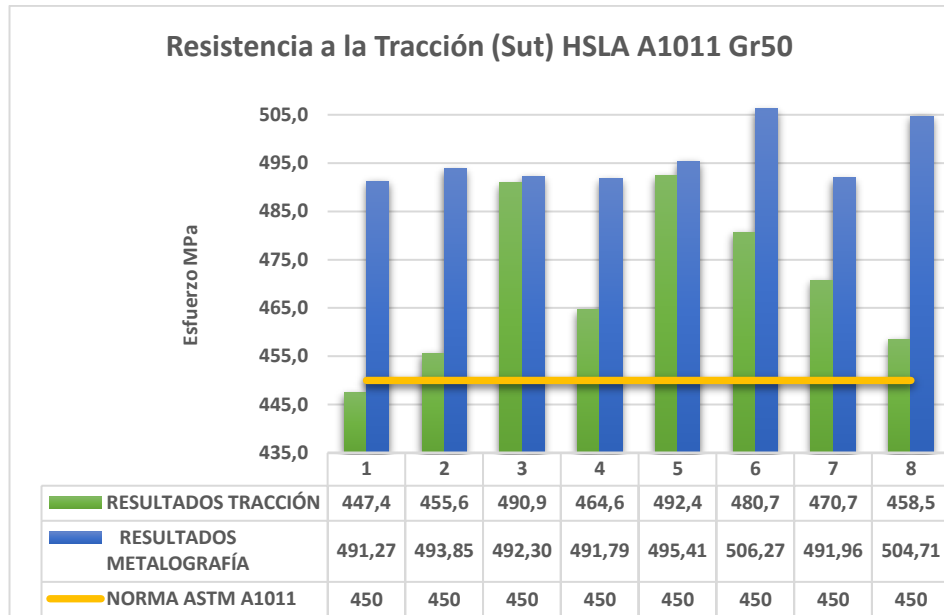


Figura 31. Resistencia a la Tracción (Sut) HSLA A1011 Gr 50.

Fuente: El autor

Luego de contrastar los valores de resistencia a la Tracción se evidencia que en su mayoría sobrepasan al margen establecido en la Norma ASTM A1011 para aceros de alta resistencia y baja aleación. Lo que demuestra una mejora significativa de tracción al soldar las probetas con proceso GMAW y protección de CO₂ en relación con el metal completamente homogéneo.

4.3.3.4 Análisis de resistencia a la Tracción en las probetas de Acero ASTM A500 Grado C.

Los valores de resistencia a la tracción estimado por el ensayo metalográfico y los calculados por el ensayo de tracción son presentados en la Figura 31; en los resultados del ensayo a tracción los valores fluctúan entre 425,4 MPa hasta 454,5MPa, dando un promedio de 440,7 MPa, mientras que en los de la estimación varían entre 512,5MPa hasta 524,4MPa, promediando 517,5 MPa. Adicionalmente se presenta el valor nominal de 425MPa, establecido en la norma ASTM A500, (Anexo A.5).

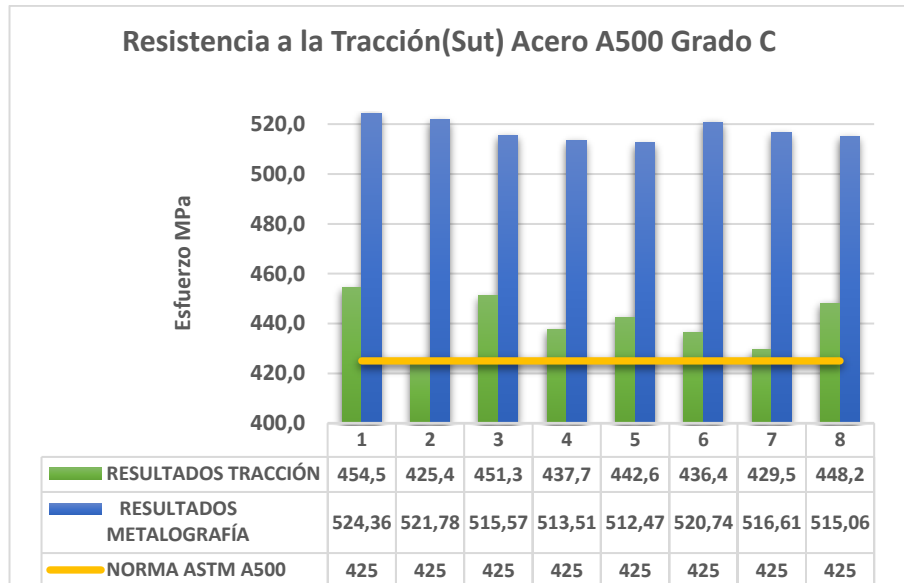


Figura 32. Resistencia a la Tracción (Sut) Acero A500 Grado C

Fuente: El autor

Luego de contrastar los valores de resistencia a la Tracción se evidencia que todos ellos sobrepasan el margen establecido para el acero ASTM A500, en base a los valores mostrados en el Anexo 5.1 para aceros estructurales. Lo que demuestra una ligera mejora de tracción al soldar las probetas con proceso GMAW y protección de CO₂ en relación con el metal completamente homogéneo.

4.3.3.5 Análisis de la Elongación en las probetas de ASTM HSLA A 1011 Gr 50

La elongación de material se calcula mediante una relación de longitudes antes y después del ensayo de tracción en una distancia estándar de 2” (5cm). En las probetas de HSLA A1011 Gr 50 los valores fluctúan entre 16% hasta 19,2%, dando un promedio de 17,35% de elongación, lo que evidencia una reducción de esta propiedad en concordancia al valor normado en ASTM A1011 (Anexo A4), la cual permite elongaciones de 20% para espesores de 1,6 a 2,5mm.

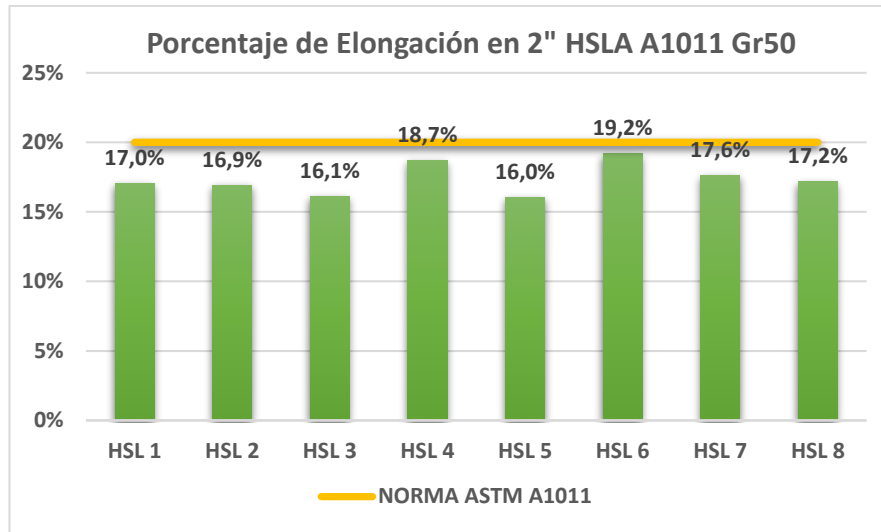


Figura 33. Porcentaje de elongación en 2" HSLA A1011 Gr 50

Fuente: El autor

4.3.3.6 Análisis de la Elongación en las probetas de Acero ASTM A500 Grado C.

La elongación del material se muestra en la Figura 32, con relación a una distancia estándar de 2" (5cm). En las probetas de HSLA A500 Grado 50 los valores fluctúan entre 17,2% hasta 19,7%, dando un promedio de 18,52% de elongación, lo que evidencia una reducción de esta propiedad en concordancia al valor normado en ASTM A500 (Anexo A.5), la cual permite elongaciones de 21% para tuberías cuadradas y rectangulares de acero ASTM A500 Grado C.

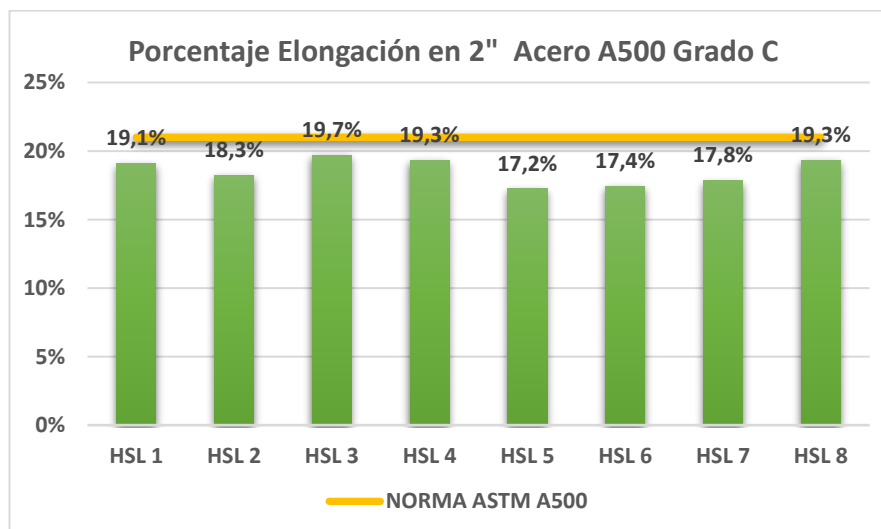


Figura 34. Porcentaje Elongación en 2" Acero A500 Grado C

Fuente: El autor

Dado que ambos materiales ofrecen una menor elongación con respecto a los valores nominales de la norma aplicable, se comparan las reducciones en porcentaje de los materiales entre sí para verificar la hipótesis. La reducción en elongación del HSLA A1011 Gr 50 en relación con su norma es de 13,25%; mientras que en el Acero A500 Grado C, la reducción equivale a 11,81%. Lo que permite concluir que esta propiedad no justifica una mejora al reemplazar el acero estructural por uno de alta resistencia y baja aleación.

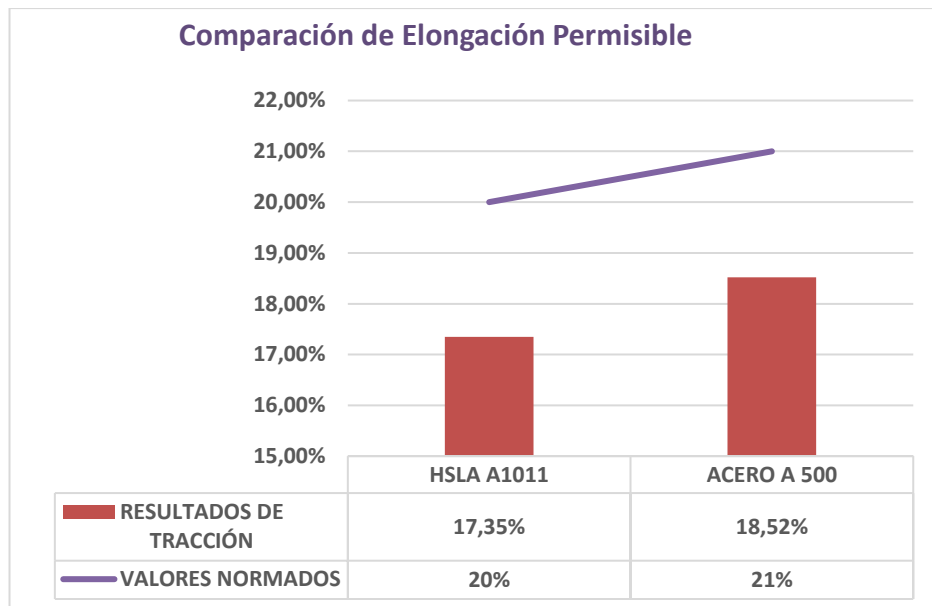


Figura 35. Comparación de elongación permisible del material base

Fuente: El autor

4.3.4 Interpretación de los Ensayos de Dureza.

Los ensayos de dureza hechos en las probetas de estudio fueron realizados para comprobar las lecturas hechas en el durómetro y los valores estimados por metalografía, además de mostrar las afectaciones de esta propiedad con distinto metal base. Las mediciones de Dureza Brinell hechas en la junta soldada del acero HSLA ASTM A1011Gr 50 se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados de dureza en probetas HSLA A1011 Gr 50.

IDENTIFICACIÓN	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2	MEDICIÓN 3	PROMEDIO
HSLD 1	143	140	144	142,33
HSLD 1.1	151	153	149	151,00
HSLD 2	141	140	144	141,67
HSLD 2.2	142	141	140	141,00
HSLD 3	147	152	151	150,00
HSLD 3.3	147	150	148	148,33
HSLD 4	159	161	168	162,67
HSLD 4.4	139	145	145	143,00
Promedio X				147,50
Desviación estándar Sn-1				7,29
Coeficiente de Variación CV				4,95

Fuente: El autor

Las estimaciones presentadas según el ensayo metalográfico frente a las mediciones reales de Dureza Brinell se exponen en la Figura 35; es evidente que la aproximación de 143,83 HB varía un 2,49% en relación al valor promedio de 147,5 HB de las mediciones efectuadas en el cordón de soldadura.

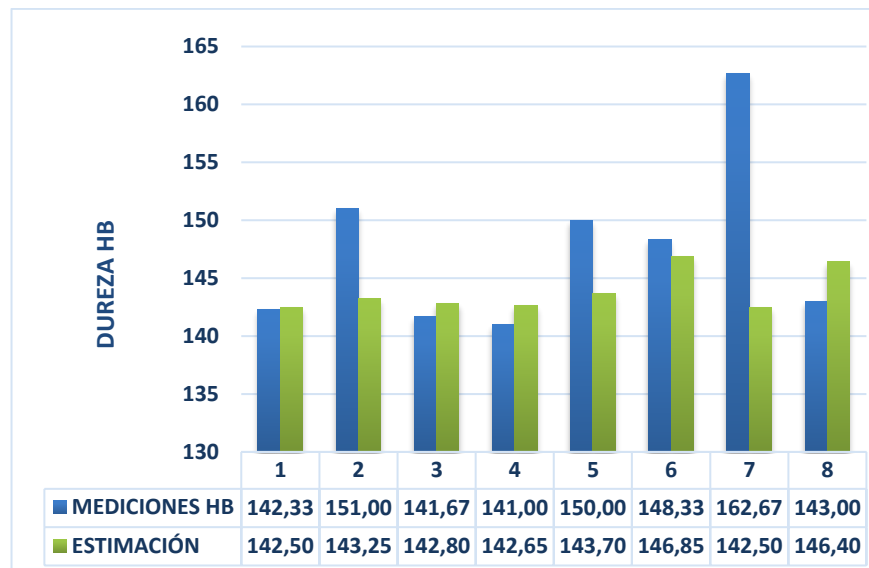


Figura 36. Dureza HSLA ASTM A1011 Gr 50.

Fuente: El autor

Las mediciones de Dureza Brinell hechas en la junta soldada del acero estructural ASTM A500 Grado C se muestran en la Tabla 25

Tabla 25. Resultados de dureza en probetas ASTM A500 Grado C.

IDENTIFICACIÓN	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2	MEDICIÓN 3	PROMEDIO
GD 1	108	105	106	106,33
GD 1.1	124	126	128	126,00
GD 2	161	162	160	161,00
GD 2.2	129	127	130	128,67
GD 3	130	133	132	131,67
GD 3.3	143	138	141	140,67
GD 4	111	106	115	110,67
GD 4.4	137	135	137	136,33
Promedio X				130,17
Desviación estándar Sn-1				17,19
Coeficiente de Variación CV				13,21

Fuente: El autor

Las estimaciones presentadas según el ensayo metalográfico frente a las mediciones reales de Dureza Brinell se exponen en la Figura 36; la aproximación de 150,11 HB varía un 15,32% en relación al valor promedio de 130,17 HB de las mediciones efectuadas en el cordón de soldadura.

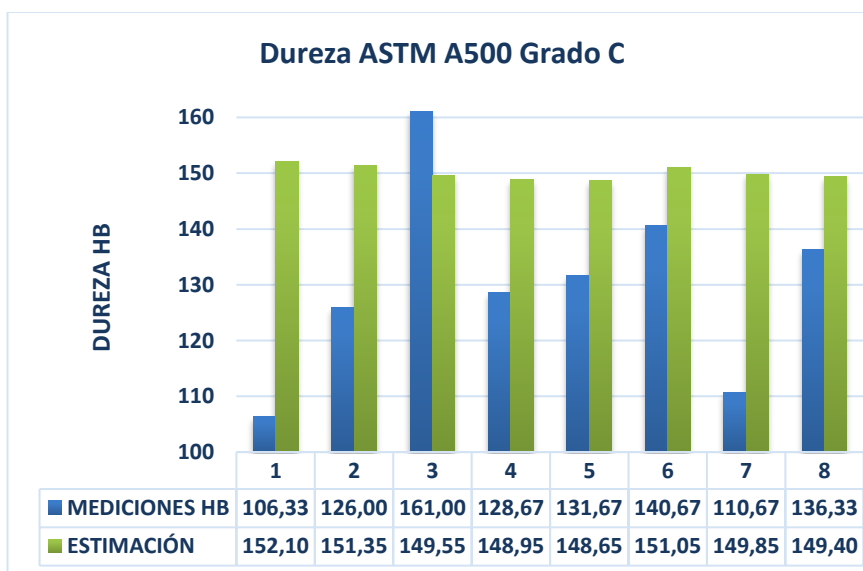


Figura 37. Dureza ASTM A500 Grado C

Fuente: El autor

4.3.5 Interpretación de los Ensayos de Impacto

El ensayo de impacto se realizó para determinar la energía absorbida en un impacto a temperatura ambiente conforme a la norma ASTM E23-02, de la que se tomó como guía la configuración de menor espesor para construir los especímenes.

Los resultados del ensayo de impacto se clasificaron en dos grupos conforme al material base, para HSLA A1011 Gr 50 se muestra a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26. Resultados de impacto en probetas HSLA A1011 Gr 50.

PROBETA	Espesor (mm)	Energía de ensayo (kgm)	Energía de ensayo (J)
HCH-1	2,1	13,9	136,31
HCH-2	2,1	13,9	136,31
HCH-3	2	13,8	135,33
HCH-4	1,9	13,8	135,33
HCH-5	2	13,6	133,37
HCH-6	1,9	13,9	136,31
HCH-7	2,1	13,9	136,31
HCH-8	1,9	13,8	135,33
PROMEDIO		13,83	135,58
Desviación Estandar Sn-1			1,02
Coefficiente de Variacion CV			0,01

Fuente: El autor

Mientras que para ASTM A500 Grado C en la Tabla 27, se indican los promedios de la energía absorbida en el ensayo de impacto su desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 27. Resultados de impacto en probetas ASTM A500 Grado C.

PROBETA	Espesor (mm)	Energía de ensayo (kgm)	Energía de ensayo (J)
GHC-1	2	14,5	142,20
GHC-2	2	14,4	141,22
GHC-3	2,1	14,4	141,22
GHC-4	1,9	14,6	143,18
GHC-5	2	14,5	142,20
GHC-6	1,9	14,5	142,20
GHC-7	2	14,4	141,22
GHC-8	2	14,6	143,18
PROMEDIO		14,49	142,07
Desviación Estandar Sn-1			0,82
Coefficiente de Variacion CV			0,01

Fuente: El autor

En base a los valores obtenidos, se interpreta que ambos materiales absorben una alta energía, siendo mayores los resultados del Acero A500 Grado C en relación al HSLA A1011 Gr 50. Esta comparación se muestra en la Figura 37, mostrada a continuación.

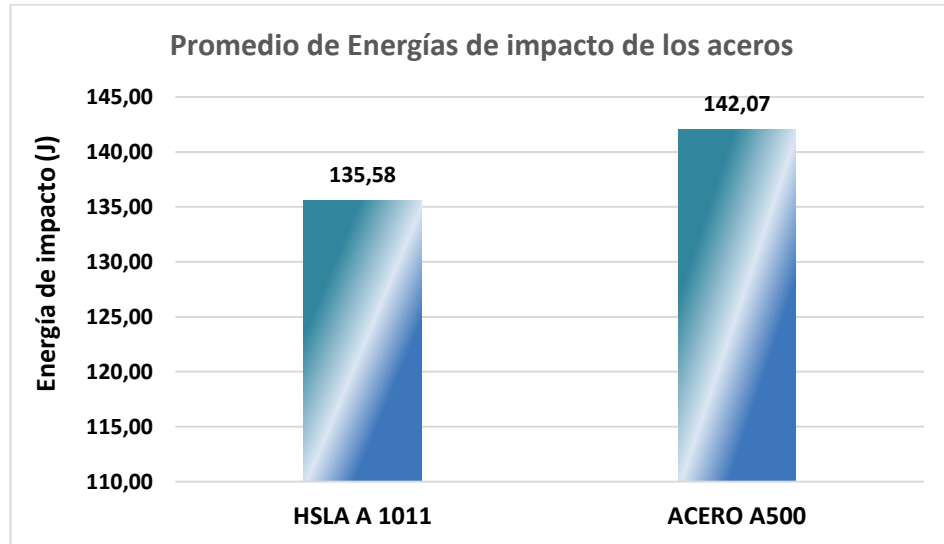


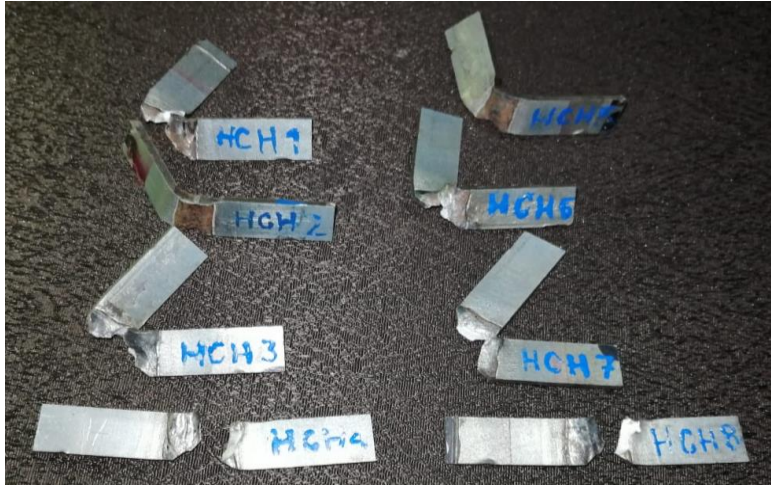

Figura 38. Comparación de la Energía de impacto absorbida por las probetas

Fuente: El autor

Por el hecho de que los materiales base son aceros ferríticos, el tipo de fractura no se puede predecir a partir de los resultados de tensión, por lo que la ductilidad presente en las probetas de tracción no se repite en impacto, las probetas de HSLA A1011 Gr 50, presentan una rotura principalmente frágil en la Zona Afectada Térmicamente.

En tanto que las probetas de Acero A500 Grado C, solamente sufrieron deformación con lo que se puede establecer un comportamiento dúctil de dicha junta soldada. La Tabla 28, muestra las probetas después de ser ensayadas y su tipo de fractura.

Tabla 28. Probetas de impacto después de ser ensayadas.

DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
<p>Probetas de impacto de HSLA A1011 Gr 50</p> <p>(Fracturas en la mayoría de las probetas, frágil)</p>	
<p>Probetas de impacto de Acero A500 Grado C</p> <p>(Sin fractura, material dúctil)</p>	

Fuente: El autor

4.4 Verificación de la Hipótesis

La hipótesis planteada propuso determinar la incidencia de las propiedades mecánicas en juntas soldadas de carrocerías de buses, con el reemplazo de aceros de tipo estructural por los de tipo HSLA (High Strength Low Alloy Steel); los resultados que se han obtenido de los ensayos de tracción, metalografía, dureza e impacto y que permiten evaluar dicha hipótesis se exhiben en la Tabla 29, que se muestra a continuación.

Tabla 29. Resumen evaluación de propiedades mecánicas.

PROPIEDADES	TRACCIÓN			METALOGRAFÍA		DUREZA	IMPACTO
Material Acero ASTM	Sy (MPa)	Sut (MPa)	% Elongación	% Carbono	Tamaño de grano	HB fusión	Energía absorbida (J)
HSLA A1011 Gr 50	318,61	470,1	17,35%	0,287%	9,77	147,5	135,58
SS A500 Grado C	328,13	440,7	18,52%	0,317%	8,72	130,17	142,07
% VARIACIÓN	-2,90 %	6,67 %	-6,32 %	-9,46 %	12,04 %	13,313%	-4.568%

Fuente: El autor

Para verificar los datos, se realizó un análisis estadístico de varianza ANOVA, el cual prueba la hipótesis de las medias de dos o más poblaciones iguales. El análisis de Varianza (ANOVA) evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin embargo, los procedimientos de este análisis funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes.

Tabla 30. Resumen evaluación de propiedades mecánicas.

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
HSLA A1011 Gr 50	7	1081,73637	154,533767	32595,8692
ASTM A500 Grado C	7	1049,97837	149,99691	30266,0771
Límite de fluencia	2	646,74	323,37	45,3152
Esfuerzo de tracción	2	910,8	455,4	432,18
Elongación %	2	0,3587	0,17935	6,8445E-05
Carbono %	2	0,00604	0,00302	4,5E-08
Tamaño de grano	2	18,49	9,245	0,55125
Dureza	2	277,67	138,835	150,16445
Energía de impacto	2	277,65	138,825	21,06005

Fuente: El autor

La hipótesis nula para el análisis de ANOVA plantea que la incidencia de un acero HSLA ASTM A1011 Gr 50, no presenta variación con respecto al acero ASTM A500 Grado C en su utilización para fabricar carrocerías de buses. Por tanto, en la Tabla 31, se pueden observar la evaluación de dichos factores en el análisis estadístico.

Tabla 31. Análisis de Varianza de la investigación.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
ACEROS ASTM	72,0407546	1	72,0407546	0,74882513	0,420097138	5,987377607
ENSAYOS	376594,447	6	62765,7412	652,416325	3,57629E-08	4,283865714
Error	577,230264	6	96,205044			
Total	377243,718	13				

Fuente: El autor

En función de los resultados estadísticos con análisis de varianza ANOVA, se puede concluir que no hay diferencia significativa entre los aceros HSLA A1011Gr 50 y A500 Grado C y por tanto es aplicable el acero HSLA A1011 Gr 50 en la fabricación de carrocerías metálicas para buses. Como es visible en la Figura 39, la varianza en las resistencias del Acero HSLA ASTM A1011 frente al acero estructural ASTM A500, permite corroborar la mejora de dicha propiedad mecánica.

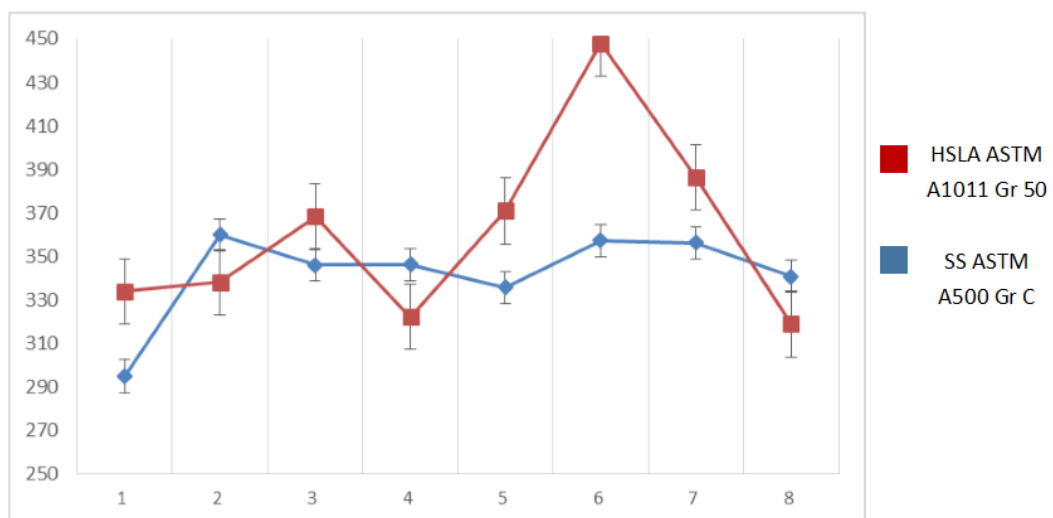


Figura 39. Varianzas de los valores de resistencia de las probetas analizadas

Fuente: El autor

Como se observa en la Tabla 32, el uso del acero ASTM HSLA A1011 Gr 50 frente al acero ASTM A500 Grado C en juntas soldadas a Tope y en T con proceso GMAW, es

ligeramente mejor en propiedades como resistencia a la tracción, dureza y tamaño de grano; cuyas propiedades manifiestan que una vez realizado el proceso de soldadura evidenciará un comportamiento de mayor dureza y resistencia a traccionarse; mientras que presentará una disminución en las propiedades como son el límite de fluencia, elongación y tenacidad a fractura, por lo que se verifica una pérdida de ductilidad en las juntas soldadas con proceso GMAW (MAG) en la fabricación de carrocerías metálicas para buses.

Tabla 32. Comparación de la unión soldada vs el metal base.

Propiedades	Metal base (HSLA A1011Gr 50)	Probeta HSLA (A1011Gr 50 + ER70S-6)	% Incremento
Resistencia a la tracción (MPa)	450	470,10	4,467%
Resistencia a la fluencia (MPa)	340	318,61	-6,291%
% Elongación	20	17,35	-13,250%
Dureza (HB)	120	147,5	22,917%

Fuente: El autor

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- Los parámetros que influyen en la incidencia de la soldabilidad en juntas soldadas de la estructura de la carrocería de buses utilizando acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 son la resistencia a tracción, la ductilidad, la dureza superficial y la capacidad de absorber impactos repentinos.
- Los procesos de soldadura más empleados en construcción de carrocerías son SMAW y GMAW, de la totalidad de empresas fabricantes de carrocerías metálicas de buses autorizadas a nivel nacional solamente el 10,61% usa procesos SMAW, mientras que el 89,39% manejan en sus actividades soldadura GMAW, que corresponden a 59 de las 66 empresas. Por este motivo el proceso de soldadura analizado en las juntas de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y ASTM A500 Grado C es el GMAW, con protección gaseosa 100% CO₂ y alambre sólido ER70S-6, desestimando del estudio al proceso SMAW por el bajo manejo de este en las aplicaciones mencionadas.
- Las propiedades mecánicas que se consideraron para el estudio fueron obtenidas de ensayos de tracción, metalografía, dureza e impacto. En las pruebas de tracción se determinó el esfuerzo máximo de tensión (Sut), el esfuerzo de fluencia (Sy), la elongación permitida en una longitud de 2" (5cm) y el comportamiento de la curva Esfuerzo- deformación. En los ensayos de metalografía, se validó el porcentaje de carbono y el tamaño de grano presente en la estructura molecular, además se pudo estimar valores de dureza superficial y esfuerzo último de tracción para compararlos con los respectivos ensayos. El ensayo de dureza permitió establecer un valor que muestre la dureza superficial en la zona de fusión de las soldaduras estudiadas, para lo cual se utilizó una escala Brinell correspondiente a metales medianamente duros. Y finalmente el ensayo de Impacto tipo Charpy arrojó valores de energía absorbida y tipo de rotura al someter las probetas al impacto súbito de un péndulo macizo.
- En los ensayos de metalografía se evidenció un incremento del porcentaje de carbono presente en la zona de fusión de las juntas soldadas, en las probetas de ASTM HSLA A1011 Gr 50, se obtuvo un promedio de 0,2866%; el cual sobrepasa en 5,66% a los valores de composición según la Norma ASTM A1011(Anexo 4 y

4.1). Mientras que en las probetas de ASTM A500 Grado C, el promedio es de 0,3173%, un valor mayor en 0,047% al señalado en la norma ASTM A500, (Anexo 5.1). Este aumento se debe a la inclusión metálica por parte del alambre ER70S-6 como material de aporte, el cual contiene 0.07% de carbono en su composición química, además de otros metales aleantes como Niobio, Vanadio o Titanio que son parte del metal fundido en la soldadura.

- En los ensayos de tracción para las juntas soldadas se obtuvo valores satisfactorios en la resistencia a tracción (Sut), donde se evidencia que en su mayoría sobrepasan al margen establecido en la Norma ASTM A1011 para aceros de alta resistencia y baja aleación (450 MPa) con un valor promedio de 470.1 MPa y en la Norma ASTM A500 para aceros estructurales (425 MPa) con una media de 440.7 MPa. Lo que demuestra una mejora significativa de esta propiedad al soldar las probetas con proceso GMAW y protección de CO₂ en relación con el metal completamente homogéneo. En tanto que para las propiedades de Límite de fluencia (Sy) y Elongación en 2”, los resultados del ensayo de tracción no sobrepasan los valores estipulados en las normas ASTM A1011 y ASTM A500 para aceros de alta resistencia y estructurales respectivamente; lo que se puede interpretar como una reducción en la ductilidad de las probetas al ser soldadas con proceso GMAW y protección gaseosa de CO₂.
- El ensayo de dureza permitió determinar los valores que presenta la zona de fusión del cordón de soldadura, para las probetas de HSLA ASTM A1011 Gr 50 la dureza superficial es de 147,5 HB, mientras que en las probetas de acero ASTM A500 Grado C su dureza es de 130,17 HB. Corroborando de esta manera las aproximaciones realizadas en el ensayo metalográfico de 143,83 HB y de 150,11 HB respectivamente para los aceros estudiados.
- Los ensayos de impacto tipo Charpy determinaron la energía de absorción que presentan los cordones de soldadura en las probetas, éstas fueron preparadas según la Norma ASTM E23 con una ligera modificación; el espesor de evaluación fue de 2mm que se estipuló por la poca disponibilidad de aceros HSLA A1011 Gr 50 en el mercado nacional. A pesar de esta reforma los valores de energía fueron de 135,58 J con fractura frágil en HSLA ASTM A1011 Gr 50 y de 142,07 J con fractura dúctil en ASTM A500 Grado C; resultados que corresponden a un elevado comportamiento de absorción de energía.

- La totalidad de ensayos realizados se evaluó con un análisis de varianza ANOVA, el que permite afirmar que no hay diferencia significativa entre las probetas de aceros HSLA A1011Gr 50 y A500 Grado C; por tanto, se puede emplear acero HSLA A1011 Gr 50 en estructuras de carrocerías de buses con lo que mejoraría su resistencia, sin embargo, se compromete la ductilidad de las juntas soldadas que forman la estructura del bus en referencia al acero ASTM A500 Grado C.

5.2 Recomendaciones

- Verificar la disponibilidad de perfiles de acero HSLA en el mercado nacional, antes de planificar su estudio o aplicación en la industria; debido a que es un material que debe ser importado, su adquisición es dificultosa y más costosa que los aceros estructurales convencionales.
- Limpiar los perfiles de acero antes de realizar el proceso de soldadura, para evitar que partículas extrañas al entorno se adhieran al material base y provoquen discontinuidades en las juntas soldadas.
- Los procesos de soldadura deben ser ejecutados por soldadores con calificación vigente y siguiendo los WPS definidos por el supervisor; para que las juntas soldadas tengan validez en la investigación y aprueben las inspecciones.
- El momento de mecanizar las probetas para los ensayos, hacer los cortes con refrigeración para evitar que se recaliente el material y esto provoque una alteración en las propiedades mecánicas que se van a medir.
- Mecanizar un par de probetas extra para cada uno de los ensayos, con el fin de evitar contingencias en la ejecución de los ensayos que pueden arrojar resultados completamente discordantes a los límites estipulados en normas.
- Para los ensayos de dureza y microdureza, es aconsejable lijar y pulir las superficies que van a ser medidas, con el objetivo de que las huellas del indentador sean completamente visibles y por tanto las mediciones sean más exactas.

CAPÍTULO VI

ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA UTILIZANDO ACERO HSLA ASTM A1011Gr 50 CON PROCESO GMAW Y PROTECCION GASEOSA 80% Argón 20% CO₂ PARA LA COSNTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS EN LA EMPRESA VARMA S.A.

6.1 Datos informativos

Finalizado el análisis de soldabilidad del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y su incidencia en la fabricación de carrocerías metálicas para buses, en comparación con acero estructural ASTM A500 Grado C; se pudo verificar que las juntas soldadas realizadas con proceso GMAW (Aporte ER70S-6 y Protección 100% CO₂) obtienen mejores valores en su resistencia, pero al mismo tiempo comprometen la ductilidad de las uniones soldadas. Para sustentación de los resultados se hicieron ensayos de Metalografía en los laboratorios de Materiales de Ingeniería Mecánica perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, ensayos de tracción e impacto Charpy en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana de Quito y los ensayos de Dureza Brinell en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Gobierno provincial de Tungurahua.

Este estudio es de importancia para el sector industrial, específicamente para los fabricantes de carrocerías de buses, porque se le propone un material alternativo al acero estructural usado de forma convencional permitiendo que se construyan estructuras más resistentes y duraderas.

6.2 Antecedentes de la propuesta

Mediante la investigación realizada en los capítulos anteriores, se concluyó que las probetas de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 soldadas con proceso GMAW usando aporte ER70S-6 y protección gaseosa 100% CO₂ obtienen propiedades similares a los resultados obtenidos con acero ASTM A500 Grado C bajo el mismo proceso de soldadura. En tanto que las diferencias son muy bajas se plantean unas leves modificaciones al proceso de preparación y soldadura que pueden mejorar el comportamiento de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA).

Por lo tanto, se propone la aplicación y la elaboración de un procedimiento de soldadura para un proceso GMAW utilizando alambre ER70S-6 con una mezcla 80% Argón y 20% CO₂ como gas de protección y precalentamiento en una junta a tope del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50.

6.3 Justificación

A nivel mundial se producen gran cantidad de autobuses para satisfacer la demanda global de movilización; las marcas más reconocidas, como Yutong e Irizar, utilizan en sus estructuras materiales como aleaciones de aluminio y aceros HSLA. Este último es objeto de investigación por el hecho de que en Ecuador existen 66 empresas fabricantes de carrocerías metálicas, las cuales no han tenido un avance notable en crecimiento comparándolas con sus competidoras de otros países; las empresas Ecuatorianas siguen utilizando métodos de construcción ortodoxos y aceros con alto contenido de carbono, lo que da como resultado estructuras robustas y pesadas. Si a este hecho se le suma el escaso o nulo interés de los gerentes en tecnificar los procesos de producción e investigación para el desarrollo tecnológico, se tiene una menor producción de carrocerías a nivel nacional y por consiguiente el número de buses importados ingresando al país es cada vez mayor [2].

Una posible solución a este problema es la implementación de nuevos materiales estructurales, específicamente los aceros HSLA. El término HSLA es el acrónimo de High Strength Low Allow (alta resistencia y baja aleación), aplicable a un tipo de aleación de acero que proporciona mejores propiedades mecánicas y mayor resistencia a la corrosión que el acero al carbono convencional. Entre los elementos aleantes que poseen se tiene al manganeso, cobre, níquel, niobio, nitrógeno, vanadio, cromo, molibdeno, titanio, calcio, zirconio, entre otros. El uso de estos aceros en otros países industrializados de la región se da en la fabricación de carrocerías metálicas de autobuses, haciéndolas superiores en resistencia, con un peso no tan elevado en comparación a las fabricadas en aceros estructurales al carbono [3].

Por lo tanto, es necesario realizar un procedimiento de soldadura que se pueda aplicar a las carrocerías de buses en el Ecuador; específicamente a los modelos que produce la empresa VARMA S.A. empleando perfiles de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 soldados con un proceso GMAW.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Realizar un procedimiento de soldadura para estructuras de buses utilizando acero HSLA ASTM A1011Gr 50 con proceso GMAW y protección gaseosa 80% Argón-20% CO₂.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Proporcionar de la especificación del procedimiento de soldadura en aceros de alta resistencia y baja aleación a la Empresa VARMAS.A. para su aplicación en la fabricación de carrocerías de buses.
- Elaborar una especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para estructuras de buses hechas con acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y proceso GMAW
- Elaborar un registro de calificación del procedimiento de soldadura (PQR) para estructuras de buses hechas con acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 y proceso GMAW

6.5 Análisis de factibilidad

La propuesta es factible de ejecutarse, en función de que los materiales requeridos, la información y los recursos necesarios se pueden conseguir con cierta facilidad y están disponibles en el país.

Los perfiles de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 son comercializados por la empresa TUGALT, el Alambre MIG LINDE 0,9 mm, como la mezcla de gases de protección (80% Argón, 20% CO₂) utilizados en el proceso de soldadura, son de venta libre a nivel nacional y estos específicamente en la provincia de Tungurahua se adquiere de Indura.

Debido a que más del 95% de la producción de la empresa VARMA S.A; se basa en fabricar buses Intracantonaes Urbanos, la norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2205(vigente), se utilizó y revisó para la ejecución de la investigación, además la norma o código de especificación de soldadura, requerida de acuerdo a los espesores del material utilizado en la construcción de estructuras de buses, se verificó del código AWS D1.3/D1.3M:2018.

Los recursos para la ejecución de los diferentes ensayos fueron facilitados por el Laboratorio de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana y el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Gobierno provincial de Tungurahua.

6.5.1 Análisis tecnológico

Para la elaboración del procedimiento de soldadura para estructuras de buses utilizando acero HSLA ASTM A1011Gr 50 con proceso GMAW y protección gaseosa 80% Argón 20% CO₂; se cuenta con todas las facilidades proporcionadas por los Laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y las instalaciones de la empresa VARMA S.A. que es la empresa interesada.

6.5.2 Análisis económico

Para la elaboración del procedimiento de soldadura y su ejecución en la planta carrocera, se efectuó un análisis económico para tener presente los costos que se relacionan de forma directa con el desarrollo del proyecto de investigación, tales como:

- Costos de adquisición del material
- Costos de corte y preparación de juntas
- Costos de soldadura
- Costos de mecanizado y ensayos

6.6 Fundamentación

La fundamentación de la propuesta se encuentra detallada en los capítulos II, IV y V de la presente investigación; que referencian al marco teórico, la presentación y análisis de los resultados, verificación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones. Allí se plantea la comparación de un acero HSLA ASTM A1011Gr 50 frente a un acero estructural ASTM A500 Grado C, demostrando que el acero de alta resistencia y baja aleación ofrece una mejor tenacidad, pero baja ductilidad frente a su similar galvanizado.

De acuerdo a los resultados obtenidos y su análisis estadístico se elaboró un procedimiento de soldadura para aceros HSLA con proceso GMAW, que permita utilizarlos en estructuras de carrocerías de buses para la empresa VARMA.

6.7 Metodología

Se detalla el mapa de procesos para la fabricación de carrocerías de buses utilizando aceros HSLA ASTM A1011 Gr 50 con un proceso de soldadura GMAW con el objetivo de reemplazar el acero estructural ASTM A500 Grado C empleado comúnmente en dicha aplicación.

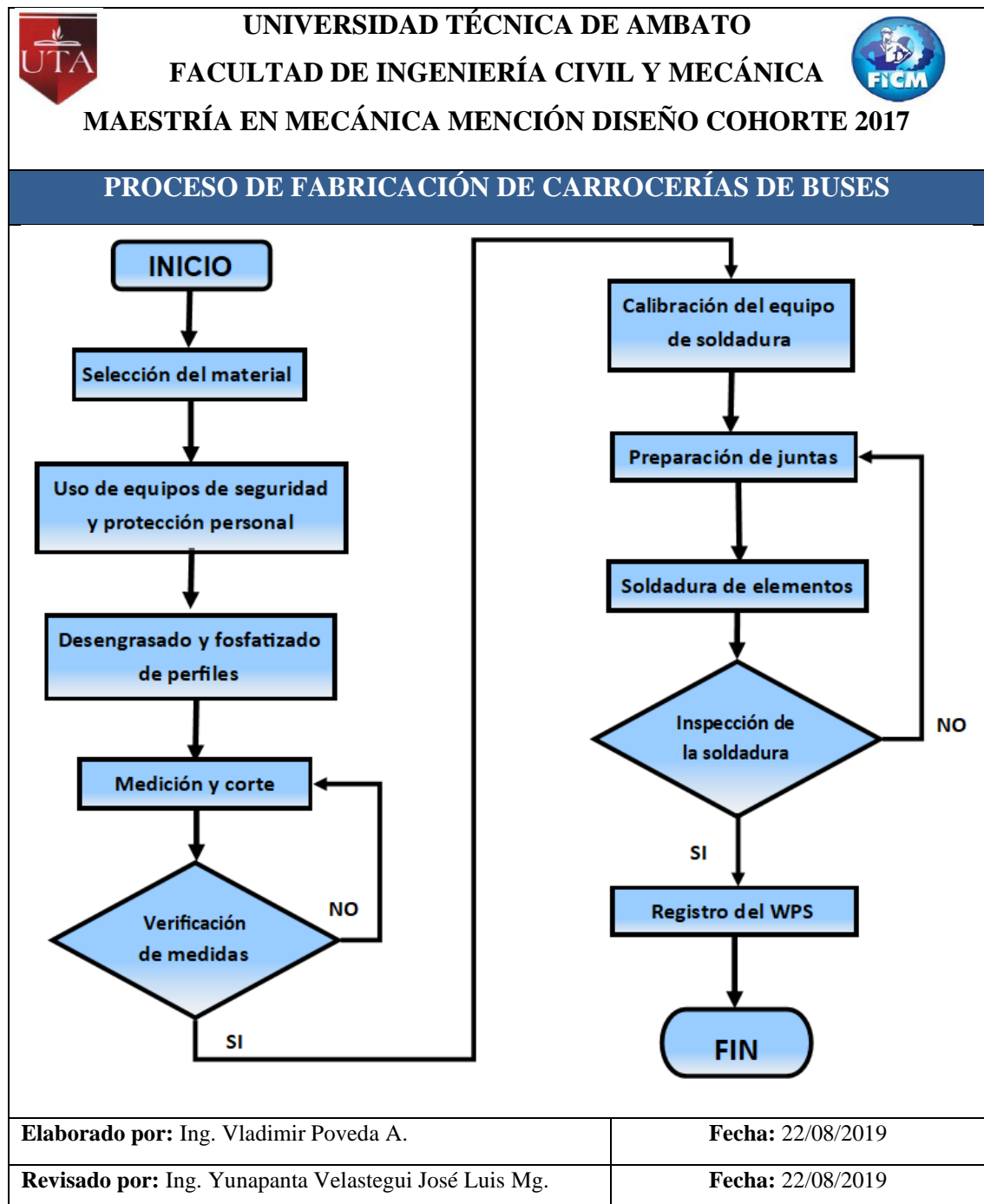




Figura 40. Diagrama de procesos para la fabricación de carrocerías de buses

Fuente: El autor

6.7.1 Procedimiento de soldadura de aceros HSLA en carrocerías de buses

Tabla 33. Procedimiento de soldadura de aceros HSLA con proceso GMAW

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017</p>	
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE ACEROS HSLA CON PROCESO GMAW PARA LA CONSTRUCCION DE CARROCERÍAS DE BUSES		
<p>1. OBJETIVO</p> <ul style="list-style-type: none">• Contribuir con un procedimiento técnico de sirva de apoyo y guía para la correcta aplicación de aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA) en la construcción de carrocerías de buses utilizando proceso GMAW.• Determinar los parámetros de soldadura para alambre sólido ER70S-6 con protección gaseosa de 80% Argón 20% CO₂, bajo condiciones del código AWS D1.3/D1.3M: 2018 <p>2. ALCANCE</p> <p>Detalla los requisitos y actividades necesarias para la aplicación de perfiles de acero HSLA ASTM A1011 Gr 50 soldados con proceso GMAW en la construcción de estructuras de buses para la empresa VARMA S.A.</p> <p>3. DOCUMENTACION DE REFERENCIA</p> <p>La documentación de respaldo está especificada en el Capítulo II, de la presente investigación y complementada con el Código AWS D1.3/D1.3M:2018.</p> <p>4. GENERALIZACIÓN</p> <p>La elaboración de un procedimiento de soldadura para la fabricación de estructuras de buses utilizando acero HSLA ASTM A1011 Gr 50, con proceso GMAW y protección gaseosa 80% Argón 20% CO₂, permite incrementar la resistencia de las juntas soldadas en dichas estructuras.</p>		

5. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

El operario debe tener y utilizar los siguientes implementos de Protección personal

- Máscara de soldar
- Guantes de cuero con manga larga
- Delantal de cuero
- Mascarilla para humo
- Gafas protectoras
- Casco con orejeras
- Botas de seguridad con punta de acero

6. METODOLOGÍA

Para realizar la soldadura de carrocerías de buses utilizando acero HSLA y proceso GMAW, se deben seguir los siguientes pasos:

6.1. Selección del material

El material necesario son perfiles cuadrados de acero ASTM HSLA A1011 Gr 50, cuyas dimensiones son 50x50x2 mm y alambre de aporte a la soldadura ER70S-6.



Ilustración 1. Perfiles de acero HSLA para construcción de carrocerías de buses

6.2. Desengrasado y fosfatizado de perfiles.

Primero se sumergen los perfiles en la piscina de desengrasado y se deja secar 5 minutos, después pasar a la piscina de fosfatizado por 5 minutos más para luego limpiar y secar los perfiles, que se aplicarán un recubrimiento anticorrosivo.



Ilustración 2. Proceso de desengrasado, fosfatizado y aplicación de anticorrosivo

6.3. Uso de equipos de seguridad y protección personal

Es obligatorio el uso de protección auricular, casco, gafas de seguridad, overol y zapatos de protección con punta de acero. Además, el soldador debe también usar careta de soldador, guantes de cuero con manga larga, mascarilla de protección para humo y delantal de cuero.



Ilustración 3. Uso de equipo de protección personal y de seguridad

6.4. Medición y corte

Se realiza la preparación de perfiles según las medidas mostradas en los planos para pisos, laterales y techos en tronzadoras, corte a mano con sierras y doblado de perfiles en curvas de parabrisas y techo.



Ilustración 4. Corte de perfiles de acero y dobladora de perfiles

6.5.Verificación de medidas

Se miden los perfiles cortados y se comprueban con las especificaciones de los planos, previo al armado de la estructura; en caso de que las medidas no sean satisfactorias se debe volver al paso anterior.



Ilustración 5. Verificación de medidas por parte del supervisor

6.6.Calibración del equipo de soldadura

Los parámetros a los que se debe setear la máquina de soldadura para un espesor de 2mm de acero se muestran a continuación: Encender la soldadora en el conmutador E, posición 2; el conmutador F colocar en posición 2 y el conmutador D, en posición 4. Cabe aclarar que la tensión se regula en el conmutador F y la velocidad de alimentación de alambre se regula en el conmutador D.

Mientras que para el gas de protección (80% Argón 20%CO₂), se regula el caudalímetro entre 12 a 15 LPM, moviendo la válvula ubicada en la parte superior del tanque y que mantiene constante el flujo de gas.



Ilustración 6. Máquina soldadora con su válvula de presión y caudal

6.7.Preparación de Juntas

Efectuar una limpieza con cepillo de alambre o grata en los lugares a soldar para luego realizar un precalentamiento de los perfiles a una temperatura mínima de 140 °C, empleando un soplete de gas y verificar la temperatura con el pirómetro.



Ilustración 7. Preparación de juntas a soldar

6.8.Soldadura de elementos

Se realizan los cordones de soldadura permitiendo una abertura de raíz máxima de 2 mm en juntas a tope, y de 1 mm máx. en juntas de filete y acanaladas.



Ilustración 8. Soldadura de perfiles de acero con proceso GMAW

6.9. Inspección de las juntas soldadas

Se revisa de forma visual la existencia de poros y defectos que puedan afectar a la unión; en caso de que los resultados no sean satisfactorios se debe reprocesar la junta de acuerdo con el instructivo de conjunto estructural.



Ilustración 9. Inspección de las soldaduras en la estructura

6.10. Registro del WPS

Consignar los parámetros utilizados en el proceso en el respectivo registro del procedimiento de soldadura o PQR para su constancia y aprobación.

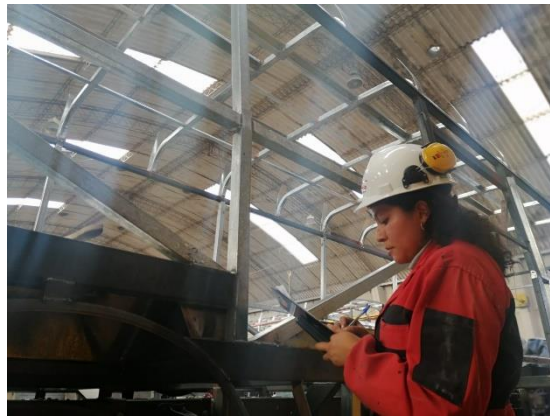


Ilustración 10. Registro de los parámetros y procedimiento de soldadura

Elaborado por: Ing. Vladimir Poveda A.

Fecha: 22/08/2019



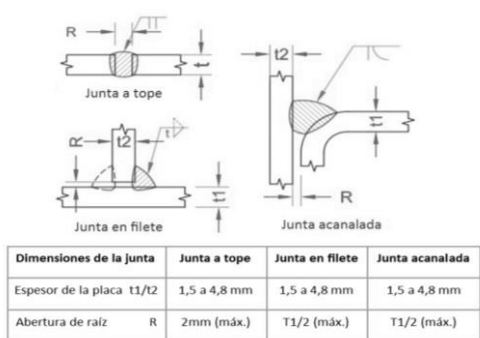
Revisado por: Ing. Yunapanta Velastegui José Luis Mg.

Fecha: 22/08/2019

Fuente: El autor

6.7.2 Especificación del procedimiento de Soldadura para Acero HSLA A1011 Gr 50 con proceso GMAW

Tabla 34. Especificación del procedimiento de soldadura



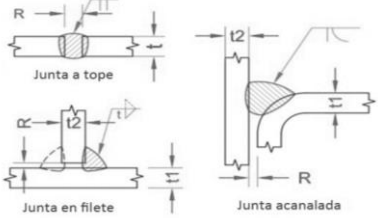
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017															
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS															
IDENTIFICACIÓN															
Empresa	Carrocerías VARMA S.A.	WPS No.													
Elaborado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	22/08/2019												
Proceso de soldadura	GMAW	PQR de soporte													
Tipo	Semi-automático	Norma	AWS D1.3/D1.3M:2018												
DISEÑO DE JUNTA		PROTECCIÓN													
Tipo de unión	A tope, de filete, en V	Composición de gas	80% Argón - 20 % CO ₂												
Respaldo	No	Velocidad de flujo	12 LPM												
Abertura de raíz	2mm máx.	Tamaño de boquilla	N/A												
Angulo de ranura	N/A	Fundente	N/A												
Limpieza de raíz	Si	TÉCNICA													
POSICIÓN		Oscilación	SI												
Posición a tope	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza	Empuje / arrastre	Arrastre												
Posición en filete	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza	Capas	Simple												
Posición acanalada en V	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza	Limpieza	Antes de la soldadura												
Progresión	Descendente (vertical)	PRECALENTAMIENTO													
		Temperatura de inicial	140 ° C												
		Temperatura de interpase	N/A												
		Mantenencia	N/A												
MATERIAL BASE		POSTCALENTAMIENTO													
Grupo	ASTM HSLA A1011	Temperatura	N/A												
Tipo o Grado	Gr 50	Tiempo	N/A												
Espesor	1,5 a 4,8 mm	DETALLES DE LA JUNTA													
Gage No.	11														
Recubrimiento	N/A														
METAL DE APORTE															
Especificación SFA	SFA-5.18	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones de la Junta</th> <th>Junta a tope</th> <th>Junta en filete</th> <th>Junta acanalada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espesor de la placa</td> <td>t1/t2</td> <td>1,5 a 4,8 mm</td> <td>1,5 a 4,8 mm</td> </tr> <tr> <td>Abertura de raíz</td> <td>R</td> <td>2mm (máx.)</td> <td>T1/2 (máx.)</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la Junta	Junta a tope	Junta en filete	Junta acanalada	Espesor de la placa	t1/t2	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm	Abertura de raíz	R	2mm (máx.)	T1/2 (máx.)
Dimensiones de la Junta	Junta a tope	Junta en filete	Junta acanalada												
Espesor de la placa	t1/t2	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm												
Abertura de raíz	R	2mm (máx.)	T1/2 (máx.)												
Clasificación AWS	ER70S-6														
Diámetro	0.9 mm														
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS															
Modo de transferencia	Cortocircuito														
Velocidad del alambre	680 cm/min														
Corriente	117 a 143 A														
Voltaje	20 a 24 V														
PARÁMETROS DE SOLDADURA															
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE								
		CLASE	DIAMETRO	TIPO	AMPERAJE	VOLTAJE									
1-n	GMAW	ER70S-6	0.9 mm	DC+	120-140 A	20-24 V	15-33 cm/min								
Autorizado por:				Fecha:											
Ing. José Luis Yunapanta Mg.				22/08/2019											

Fuente: El autor

Nota: Los campos vacíos mostrados en gris serán llenados por el supervisor que aplique este procedimiento

6.7.3 Registro de calificación del procedimiento de Soldadura para Acero HSLA A1011 Gr 50 con proceso GMAW

Tabla 35. Registro de calificación del procedimiento de soldadura

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN DISEÑO COHORTE 2017 			
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PQR			
IDENTIFICACIÓN			
Empresa	Carrocerías VARMA S.A.	PQR No.	
Elaborado por	Ing. Vladimir Poveda	Fecha	22/08/2019
Proceso de soldadura	GMAW	WPS calificado	
Tipo	Semi-automático	Norma	AWS D1.3/D1.3M:2018
DISEÑO DE JUNTA		POSICIÓN	
Tipo de unión	A tope, de filete, en V	Posición a tope	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
Respaldo	No		
Abertura de raíz	1mm	Posición en filete	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
Angulo de ranura	N/A		
Limpieza de raíz	Si	Posición acanalada en V	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
MATERIAL BASE			
Grupo	ASTM HSLA A1011	Progresión	Descendente (vertical)
Tipo o Grado	Gr 50	METAL DE APORTE	
Espesor	2 mm	Especificación SFA	SFA-5.18
Gage No.	11	Clasificación AWS	ER70S-6
Recubrimiento	N/A	Diámetro	0.9 mm
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		PROTECCIÓN	
Modo de transferencia	Cortocircuito	Composición de gas	80% Argón - 20 % CO ₂
Velocidad del alambre	680 cm/min	Velocidad de flujo	12 LPM
Corriente	130 A	Tamaño de boquilla	N/A
Voltaje	22 V	Fundente	N/A
DETALLES DE LA JUNTA		TÉCNICA	
		Oscilación	SI
		Empuje / arrastre	Arrastre
		Capas	Simple
		Limpieza	Antes de la soldadura
		PRECALENTAMIENTO	
		Temperatura de inicial	140 ° C
		Temperatura de interfase	N/A
		Mantenencia	N/A
		POSTCALENTAMIENTO	
		Temperatura	N/A
		Tiempo	N/A

RESULTADOS DE ENSAYOS Y PRUEBAS							
INSPECCIÓN VISUAL				ENSAYOS MECÁNICOS			
Probeta	Apariencia	Refuerzo	Fisuras	Socavaduras	Fusión	Fisuras	Garganta Tw
1							
2							
Resultado visual				ENSAYO DE TRACCIÓN			
Observaciones				Esfuerzo de tracción			
				Límite de fluencia			
Realizado por				Elongación en 2"			
Fecha				ENSAYO DE IMPACTO			
Laboratorio				Energía de impacto			
PARÁMETROS DE SOLDADURA							
PASE	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE AVANCE
		CLASE	DIAMETRO	TIPO	AMPERAJE	VOLTAJE	
Nombre del soldador:							
Identificación				Fecha de calificación			
Autorizado por:							
Firma				Fecha de registro			

Fuente: El autor

Nota: Los campos vacíos mostrados en gris serán llenados por el calificador que realice la respectiva validación de este procedimiento.

6.8 Administración

En la Tabla 36 se muestran los recursos económicos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación:

Tabla 36. Rubros de gastos utilizados durante el proyecto.

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Adquisición de Tubo Cuadrado 50X2 mm, HSLA ASTM A1011 Gr 50	2	m	Donación	Donación
Adquisición de Tubo Cuadrado 50X2 mm, ASTM A 500 Gr C	2	m	\$ 20,65	\$ 41,30
Alambre ER70S-6 Ø=0,9 mm	15	Kg	\$ 2,10	\$ 31,50
Gas de protección CO2 (1 tanque de 20 Kg)	20	Kg	\$ 1,68	\$ 33,60
Corte y preparado de juntas	72	u	\$ 1,00	\$ 72,00
Soldadura de perfiles	72	u	\$ 3,50	\$ 252,00
Inspección y equipamiento mediante Líquidos penetrantes	1	Kit	\$ 90,00	\$ 90,00
Maquinado probetas de tracción	16	u	\$ 10,50	\$ 168,00
Maquinado probetas de Metalografía	16	u	\$ 10,50	\$ 168,00
Maquinado probetas de Dureza	16	u	\$ 5,00	\$ 80,00

Maquinado probetas de Impacto	16	u	\$ 10,50	\$ 168,00
Ensayo de tracción	16	u	\$ 12,00	\$ 192,00
Ensayo de metalografía	16	u	\$ 11,22	\$ 179,56
Ensayo de Dureza	16	u	\$ 10,00	\$ 160,00
Ensayo de Impacto	16	u	\$ 10,00	\$ 160,00
Material de escritorio	1	u	\$ 30,00	\$ 30,00
Material bibliográfico	1	u	\$ 50,00	\$ 50,00
Transcripción, impresión y anillados	1	u	\$ 100,00	\$ 100,00
Derechos y otros pagos	1	u	\$ 21,44	\$ 21,44
Transporte	1	u	\$ 30,00	\$ 30,00
Subtotal				\$ 2.027,40
Imprevistos				\$ 202,74
Total (incluye iva)				\$ 2.230,14

Fuente: El autor

6.9 Previsión de la evaluación

Una vez concluido el trabajo de investigación se ha podido determinar que el proceso de soldadura GMAW, con alambre sólido ER70S-6 como material de aporte y protección gaseosa 80% Argón 20% CO₂, previo precalentamiento del material ofrecerá mejorar las características y propiedades de las juntas soldadas en la fabricación de estructuras de buses Intracantonal Urbano.

Este estudio fue realizado en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y las instalaciones de la empresa VARMA S.A; complementándolo con ensayos ejecutados en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana de Quito y del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Gobierno provincial de Tungurahua.

La implementación del procedimiento de soldadura para estructuras de buses utilizando acero HSLA ASTM A1011Gr 50 con proceso GMAW y protección gaseosa 80% Argón 20% CO₂ para la empresa VARMA S.A. Es un proceso técnico alternativo para mejorar la resistencia de las estructuras de carrocerías de buses y contribuir al desarrollo de nuevas carrocerías que puedan competir con productos importados.

Esta investigación está amparada en normas y códigos de construcción de estructuras y puede servir de referencia para posteriores investigaciones con otro tipo de acero y

procesos de soldadura, para obtener mejores resultados en cuanto a resistencia y ductilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. R. Agualongo, Análisis del proceso de curvado de perfiles para determinar las deformaciones y esfuerzos en secciones del cerchado en la fabricación de bus tipo en la empresa carrocerías Paper's en la ciudad de Ambato, Ambato: UTA Tesis de grado, 2015.
- [2] «Agencia Nacional de Tránsito,» [En línea]. Available: <https://www.ant.gob.ec/index.php/regulacion/transito-12/documentos-del-proceso>.
- [3] S. Espín, Estudio de la aleación inteligente con memoria de forma CuZnAl para determinar su aplicación industrial, Ambato: Universidad Técnica de Ambato Tesis de posgrado, 2012.
- [4] J. G. Velasteguí, *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*, Ambato, 2014.
- [5] A. V. Giraldo, «Los aceros Avanzados,» 2012.
- [6] W. S. AMERICAN, ANSI/AWS A3.0-94 Standard Welding Terms and Definitions.
- [7] K. Stearling, Introduction to the physical Metallurgy of Welding, Second Edition.
- [8] H. Grajon, Fundamentals of welding metallurgy., 1991.
- [9] Oystern Grong, Metallurgical Modelling of welding. The Institute of Materials, 1994.
- [10] A. J. Ramírez, Defectos de Soldadura, Abordaje metalúrgico, Universidad Nacional sede Medellin, 1998.
- [11] G. L. E, Welding Metallurgy carbon and alloy steels, Cuarta edición ed., vol. Vol 1, 1994.
- [12] American Society for Metals, Metals Handbook, Failure analysis and prevention, Novena Edición ed., vol. Vol. 11, Ohio, EUA: Metals Park, 1986.
- [13] U. R. B. Oviedo, *Soldabilidad de un acero de blindaje con electrodos de acero inoxidable austenítico*, 2005.


- [14] J. E. Velasteguí, *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*, Amabto, 2014.
- [15] H. H, *Soldadura aplicaciones y práctica*, 1ra ed., Alfaomega, 2002.
- [16] G. Maya, *Curso de capacitación en soldadura*, Segunda ed., 2010.
- [17] INDURA, *Manual de sistemas y materiales de soldadura*, 2007.
- [18] R. A. S. O, «Estudio comparativo de los procesos de soldadura SMAW y GMAW en tuberías de transporte de combustible,» ESPOL, Guayaquil, 2002.
- [19] K. García B, *Análisis de la deformación por temperatura en una junta soldada de la estructura lateral de una carrocería de un autobús interprovincial*, Riobamba: ESPOCH Tesis de grado, 2017.
- [20] Federación de enseñanza CC.OO., «Tipos de uniones soldadas,» *Temas para la Educación*, nº 6, pp. 1-11, 2010.
- [21] L. A. Moya, *Soldabilidad de aceros IF Termogalvanizados para aplicaciones automotrices*, 2005.
- [22] D. P. Miguel, *Soldabilidad de aceros IF Termogalvanizados para aplicaciones automotrices*, Autónoma de Nuevo León, 2014.
- [23] World Auto Steel, *Advanced high strength steel (AHSS) application guidelines*, vol. Versión 4.0, 2018, pp. 3-15.
- [24] H. R. K. S. W. R, *Advanced high strength steels for automotive industry*, Archives of civil and mechanical engineering, 2008.
- [25] N. Yurioka, *Weldability of modern high strength steels*, Nippon Steel Corp, 1990.
- [26] M. y. J. S. M. Carmen, «Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI,» *Colección Divulgación, Concejo Superior de Investigaciones Científicas*.
- [27] J. F. J. A. M. S.-S. a. J. G. S. Illescas, «Study of the mechanical properties of low carbon content HSLA steels,» *Revista de Metalurgia*, p. 8, 2009.
- [28] S. A Danijela, «High Strength low alloy (HSLA steels,» *Institute of Metals and Technology*, Marzo 2011.
- [29] TUGALT, «Migración hacia tuberías de alta resistencia,» pp. 4-5.

- [30] Altos Hornos de México S.A., *Manual de diseño para la construcción con acero*, 2019.
- [31] L. Jiménez P, análisis de soldaduras del armazón frontal de la carrocería de un bus interprovincial para verificar su resistencia debido a los esfuerzos producidos en los puntos de unión estructural, Latacunga: ESPE tesis de grado, 2018.
- [32] S. Kalpakjian y S. Schmid, *Manufactura Ingeniería y Tecnología*, New Jersey: Pearson Education, 2002.
- [33] R. G. B. y J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8va ed., Mc Graw Hill.
- [34] G. J, *Máquina de impacto-protocolo curso de materiales*, ECI, 2008.
- [35] L. Bayona, *Elaboración de procedimientos de ensayo de flexión por choque y de verificación de péndulo Charpy*, Madrid, 2017.
- [36] G. D. E, *Mechanical Metallurgy*, 1998.
- [37] L. Jaramillo y G. VELASTEGUÍ, *Análisis comparativo de los procesos de soldadura GTAW-SMAW, GTAW-GMAW y GMAW-GMAW aplicados en dos posiciones de soldadura 6G y 1GR utilizado en la industria petrolera en tubería de acero ASTM A-106 GRB*, Quito: Tesis de grado, 2015.


ANEXOS

A1 Calificación del soldador

A1.1 Calificación del procedimiento de soldadura (2019 - 2020)



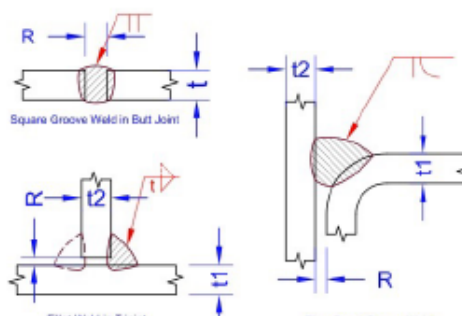
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)
 "Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura"
 ANSI / AWS D1.3 - Structural Welding Code - Sheet Steel



1. IDENTIFICACIÓN						
No. PQR	GMAW.02	Cliente	CARROCERIAS VARMA			
Norma de referencia	ANSI / AWS D1.3	Proyecto(s)	SOLDADURA DE CARROCERIAS			
Proceso(s) de soldadura	GMAW	Elaborado	Ing. CWI Javier Wong			
Tipo	Semi-automático	Fecha calificación	08/04/19			

2 DATOS DE SOLDADURA						
MATERIAL BASE (1.2)						
Especificación "sheet steel"	ASTM A36					
Tipo o grado	--					
Espesor	3,0 mm					
Gage No.	11					
Recubrimiento	Ninguno (nota: se removió el galvanizado)					
Espesor recubrimiento	n/a					
MATERIAL DE APORTE						
Especificación SFA	SFA-5.18					
Clasificación AWS	ER70S-6					
Diámetro	0,9 mm					
POSICIÓN DE SOLDADURA (Table 1.2)						
Posición de ranura	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza					
Posición de filete	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza					
Posición "flare V groove weld"	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza					
Progresión	Descendente (para vertical)					
GAS DE PROTECCIÓN (1.4.8.2)						
Gas y composición	100% CO ₂					
Flujo de gas	12 LPM					
TECNICA						
Pase	Proceso	Corriente		VAE	Voltaje	Vel. Avance
		Tipo/ Polaridad	Amp. (amps)			
1	GMAW	DC+	130	300	22	50
4. RANGOS DE CALIFICACIÓN (Table 4.3)						
TIPO	DATOS DE PRUEBA	RANGO CALIFICADO				
Clasificación electrodo	ER70S-6	ER70S-6 únicamente				
Resistencia material aporte	E70	E70 únicamente				
Diámetro material de aporte	0,9mm	0,9 mm únicamente				
Rango de amperaje	130 A	117 a 143 A				
Polaridad	DC+	DC+ únicamente				
Espesor material base	3 mm	1.5 a 4.8 mm				
Abertura de raíz (square groove weld)	1 mm	1 mm max.				
Recubrimiento material base	Con recubrimiento	Con recubrimiento				
Posición de soldadura	Horizontal y vertical	Horizontal y vertical únicamente				
Progresión de soldadura	Descendente	Descendente únicamente para vertical				
Gas de protección	100% CO ₂	100% CO ₂				
Voltaje	22 V	19,8 a 24,2 V				
Modo de transferencia	Corto Circuito GMAW-S	GMAW-S únicamente				
Soldadura un lado/ ambos lados	Un lado	Un lado o ambos lados				

TIPO DE JUNTA	OBSERVACIONES	ACEPT.
Square Groove Welds	No muestra discontinuidades. tw>espesor	✓
Filet Weld in T joint	Probeta muestra fusión en la raíz, tw>espesor	✓
Flare Bevel Groove Weld	tw > espesor	✓



Dimensiones junta:	Square Groove Weld in Butt Joint	Filet Weld in T joint	Flare Bevel Groove Weld
Espesor de placa t1/t2	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
Abertura de raíz R	2,0 mm	0,0 mm	0,0 mm

Ing. Javier Wong - CWI No.08122281 / CWC No.09110016 - 095 826 811 - (02)2607 159 - wong.javier@gmail.com

A1.2 Registro de calificación del soldador (2017 - 2018)

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ) 8

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE SOLDADOR	CHOTO BAÑO LUIS KLEVER	CEDULA	1804130571
EMPRESA / EMPLEADOR	VARMA S.A.	RUC	1890142296001
NORMA DE REFERENCIA	AWS D1.3 Structural Welding Code - Sheet Steel	OT No.	607
ID. PROYECTO	CALIFICACION SOLDADORES	FECHA NACIMIENTO	22-feb.-82
LOCALIZACIÓN PRUEBA	PISACHA SIN	PROCESO	GMAW
FECHA CALIFICACION	miércoles, 22 de febrero de 2017		
FECHA CADUCIDAD	sábado, 17 de febrero de 2018		





2. DATOS DE PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACIÓN		
VARIABLES ESENCIALES (5.24)	VALORES DE CALIFICACIÓN	RANGO CALIFICADO
1. PROCESO		
Proceso	GMAW-S	GMAW-S únicamente
Tipo	Semiautomático	Semiautomático únicamente
2. JUNTAS (Table 4.4)		
	- Square groove weld butt joint sheet to sheet, welded from one side	Square groove weld butt joint sheet to sheet
	- Fillet weld in T joint sheet to sheet	Fillet weld in T or Lap joint Sheet to sheet and sheet to supporting member
3. MATERIAL BASE		
Especificación material base	ASTMA36	Cualquier acero especificado en AWS D1.3 Tabla 1.2
Recubrimiento (4.7.1.1)	Con galvanizado	Con y sin galvanizado
Espesores (4.7.2)	- Groove weld: 1,5 mm - Fillet Wel: 1,5 mm	0,75 mm a 3,0 mm 1,5 mm a 4.8 mm
4. MATERIAL DE APORTE		
Clasificación (4.7.1.4)	ER70S-6	Electrodos aplicables a GMAW
Diámetro	0,9mm	0,9mm
5. POSICIÓN (4.7.1.6)		
Posición y progresión	Vertical descendente	Plana, horizontal y vertical (descendente únicamente)

3. RESULTADOS DE PRUEBAS Y/O ENSAYOS				
	SI APRUEBA	NO APRUEBA	TIPO	OBSERVACIONES
1. INSPECCIÓN VISUAL (4.6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	No presenta observaciones
2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS (4.6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Groove - Doblados (x2)	No presenta observaciones relevantes
			Fillet - Doblados (x2)	No presenta observaciones relevantes
			Otro:	n/a

4. VALIDEZ LEGAL Y OBSERVACIONES

Certifico que la prueba ha sido conducida acorde a los requerimientos del código indicado para la aplicación específica señalada y que los resultados consignados en este documento son verdaderos. La calificación del soldador es diseñada para determinar la habilidad del personal para producir soldaduras de calidad, sin embargo por sí sola no garantiza calidad de soldadura, es requerida adicionalmente la aplicación de WPS's calificados, capacidad de fabricación, supervisión por personal competente y aplicación de un protocolo de END adecuado. Cualquier cambio del rango de calificación (ej: cambio de posición, etc) requiere re-calificación del personal. La calificación del soldador u operador de soldadura se considera indefinida a menos que: (1) el soldador no utilice el proceso para el cual fue calificado por un periodo que exceda los 6 meses; (2) exista una específica razón para cuestionar la habilidad del soldador o (3) exista un cambio en la empresa empleadora. Este documento es para uso exclusivo de la EMPRESA y contiene información confidencial, propiedad de JAVIER WONG, queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin su autorización. Cualquier alteración al presente documento lo invalida.



NOTA SOBRE VIGENCIA: Para extender la vigencia de esta calificación más allá de los 6 meses el empleador deberá demostrar con evidencia efectiva la participación del soldador operaciones de soldadura satisfactorias, caso contrario la calificación se considerará válida únicamente por 6 meses posteriores a su emisión

  Ing. Javier Wong Inspector de soldadura CWI No. 08122281 Supervisor de soldadura CWS No. 09110015	Elaborado por: JAVIER E. WONG CWI 18122281 CCI 09110015	Revisado por: _____ Gerente General CARROCERIAS VARMA	Revisado por: _____
--	---	--	------------------------

Ing. Javier Wong - CWI No.08122281 / CWS No.09110015 - 0995 826 811 - (02)2607 159 - wong.javier@gmail.com

A1.3 Especificación del procedimiento de soldadura (2019 – 2020)

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ) 8

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE SOLDADOR	CHOTO BAÑO LUIS KLEVER	CEDULA	1804130571
EMPRESA / EMPLEADOR	VARMA S.A.	RUC	1890142296001
NORMA DE REFERENCIA	AWS D1.3 Structural Welding Code - Sheet Steel	OT No.	682
ID. PROYECTO	CALIFICACION SOLDADORES	FECHA NACIMIENTO	22-feb.-82
LOCALIZACIÓN PRUEBA	PISACHA SIN	PROCESO	GMAW
FECHA CALIFICACION	lunes, 8 de abril de 2019	  1804130571	
FECHA CADUCIDAD	ver sección 4		




2. DATOS DE PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACIÓN		
VARIABLES ESENCIALES (5.24)	VALORES DE CALIFICACIÓN	RANGO CALIFICADO
1. PROCESO		
Proceso	GMAW-S	GMAW-S únicamente
Tipo	Semiautomático	Semiautomático únicamente
2. JUNTAS (Table 4.4)		
	- Square groove weld butt joint sheet to sheet, welded from one side	Square groove weld butt joint sheet to sheet
	- Fillet weld in T joint sheet to sheet	Fillet weld in T or Lap joint Sheet to sheet and sheet to supporting member
3. MATERIAL BASE		
Especificación material base	ASTM A36	Cualquier acero especificado en AWS D1.3 Tabla 1.2
Recubrimiento (4.7.1.1)	Con galvanizado	Con y sin galvanizado
Espesores (4.7.2)	- Groove weld: 1,5 mm - Fillet Wet: 1,5 mm	0,75 mm a 3,0 mm 1,5 mm a 4,8 mm
4. MATERIAL DE APORTE		
Clasificación (4.7.1.4)	ER70S-6	Electrodos aplicables a GMAW
Diámetro	0,9mm	0,9mm
5. POSICIÓN (4.7.1.6)		
Posición y progresión	Vertical descendente	Plana, horizontal y vertical (descendente únicamente)

3. RESULTADOS DE PRUEBAS Y/O ENSAYOS				
	SI APRUEBA	NO APRUEBA	TIPO	OBSERVACIONES
1. INSPECCIÓN VISUAL (4.6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	No presenta observaciones
2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS (4.6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Groove - Doblados (x2) Fillet - Doblados (x2) Otro:	No presenta observaciones relevantes No presenta observaciones relevantes n/a

4. VALIDEZ LEGAL Y OBSERVACIONES

Certifico que la prueba ha sido conducida acorde a los requerimientos del código indicado para la aplicación específica señalada y que los resultados consignados en este documento son verdaderos. La calificación del soldador es diseñada para determinar la habilidad del personal para producir soldaduras de calidad, sin embargo por sí sola no garantiza calidad de soldadura, es requerida adicionalmente la aplicación de WPS's calificados, capacidad de fabricación, supervisión por personal competente y aplicación de un protocolo de END adecuado. Cualquier cambio del rango de calificación (ej: cambio de posición, etc) requiere re-calificación del personal. La calificación del soldador u operador de soldadura se considerada indefinida a menos que: (1) el soldador no utilice el proceso para el cual fue calificado por un periodo que exceda los 6 meses, (2) exista una específica razón para cuestionar la habilidad del soldador o (3) exista un cambio en la empresa empleadora. Este documento es para uso exclusivo de la EMPRESA y contiene información confidencial, propiedad de JAVIER WONG, queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin su autorización. Cualquier alteración al presente documento lo invalida.

NOTA SOBRE VIGENCIA: Para extender la vigencia de esta calificación más allá de los 6 meses el empleador deberá demostrar con evidencia efectiva la participación del soldador operaciones de soldadura satisfactorias, caso contrario la calificación se considerará válida únicamente por 6 meses posteriores a su emisión

Elaborado por:    JAVIER E. WONG CWI: 08122281 DCI: DP 17/81	Revisado por: _____ Gerente General CARROCERIAS VARMA	Revisado por: _____
Ing. Javier Wong Inspector de soldadura CWI No. 08122281 Supervisor de soldadura CWS No. 09110015		

A2 Especificación del procedimiento de soldadura (2019 – 2020)



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
 "Especificación del Procedimiento de Soldadura"
 ANSI / AWS D1.3 - Structural Welding Code - Sheet Steel



1. IDENTIFICACIÓN

No. PQR	GMAW.02	Cliente	CARROCERIAS VARMA
No. WPS	GMAW.02.01	Proyecto(s)	SOLDADURA DE CARROCERIAS
Proceso(s) de soldadura	GMAW	Elaborado	Ing. CWI Javier Wong
Tipo	Semi-automático		

2. DATOS DE SOLDADURA

MATERIAL BASE (1.2)

Especificación "sheet steel"	ASTM A36
Tipo o grado	--
Espesor	1,5 a 4,8 mm
Gage No.	11 a 7
Recubrimiento	Con recubrimiento
Espesor recubrimiento	n/a

MATERIAL DE APORTE

Especificación SFA	SFA-5.18
Clasificación AWS	ER70S-6
Diámetro	0,9mm

POSICIÓN DE SOLDADURA (Table 1.2)

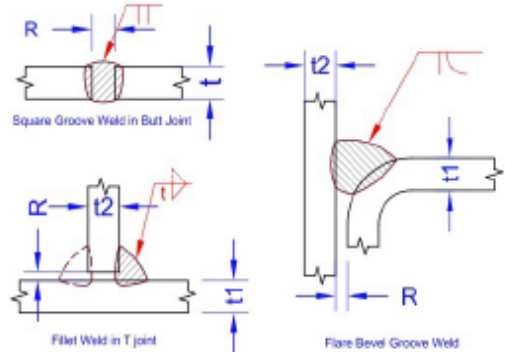
Posición de ranura	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
Posición de filete	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
Posición "flare V groove weld"	Plana, horizontal, vertical y sobrecabeza
Progresión	Descendente (para vertical)

GAS DE PROTECCIÓN (1.4.6.2)

Gas y composición	100% CO ₂
Flujo de gas	12 LPM

TIPO DE JUNTA (Table 4.1)

Preparar junta	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
Soldadura a	Un lado	<input checked="" type="checkbox"/>	Dos lados	<input type="checkbox"/>



Dimensiones junta:		Square Groove Weld in Butt Joint	Fillet Weld in T joint	Flare Bevel Groove Weld
Espesor de placa	t1/t2	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm	1,5 a 4,8 mm
Abertura de raíz	R	2 mm (max)	t1 / 2 (max)	t1 / 2 (max)

3. PARAMETROS DE SOLDADURA

No. De pase	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (volios)	Velocidad de Avance (cm/min)
		Clase	Tipo y polaridad	Diámetro (mm)	Amperaje (amps)		
1-n	GMAW	ER 70S-6	DC+	0,9	120 a 140	20 a 24	La necesaria para lograr un tamaño y perfil adecuado

4. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Certificamos que la información contenida en este documento cumple con los requerimientos del código aplicable. El presente documento ha sido elaborado en base a las condiciones específicas los proyectos citados en este documento y no pretende cubrir los rangos de trabajo de otros proyectos ni debe ser usado sin un análisis basado en el tipo de estructura y/o condiciones de servicio. Cualquier cambio de variable de soldadura o cambio a diseño de junta no especificado en este documentos se considera una variable esencial y requiere re-calificación. Disponer de este documento no garantiza la calidad de la soldadura, adicionalmente es requerida capacidad de fabricación, una efectiva supervisión de un inspector de soldadura competente y aplicación de algún tipo de END. El inspector de soldadura no se responsabiliza por mala interpretación de este documento ni por las soldaduras de producción del CLIENTE. Este documento contiene información confidencial de propiedad de Javier Wong, para uso exclusivo del CLIENTE, sin la intención de que sea divulgada a otras personas. Cualquier distribución y/o reproducción parcial o total está estrictamente prohibida y sancionada por la ley. Será sujeto de sanciones penales el que, en provecho propio o ajeno o en perjuicio de terceros, divulgue o emplee la información contenida en este documento. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.

Elaborado por:

Revisado por:

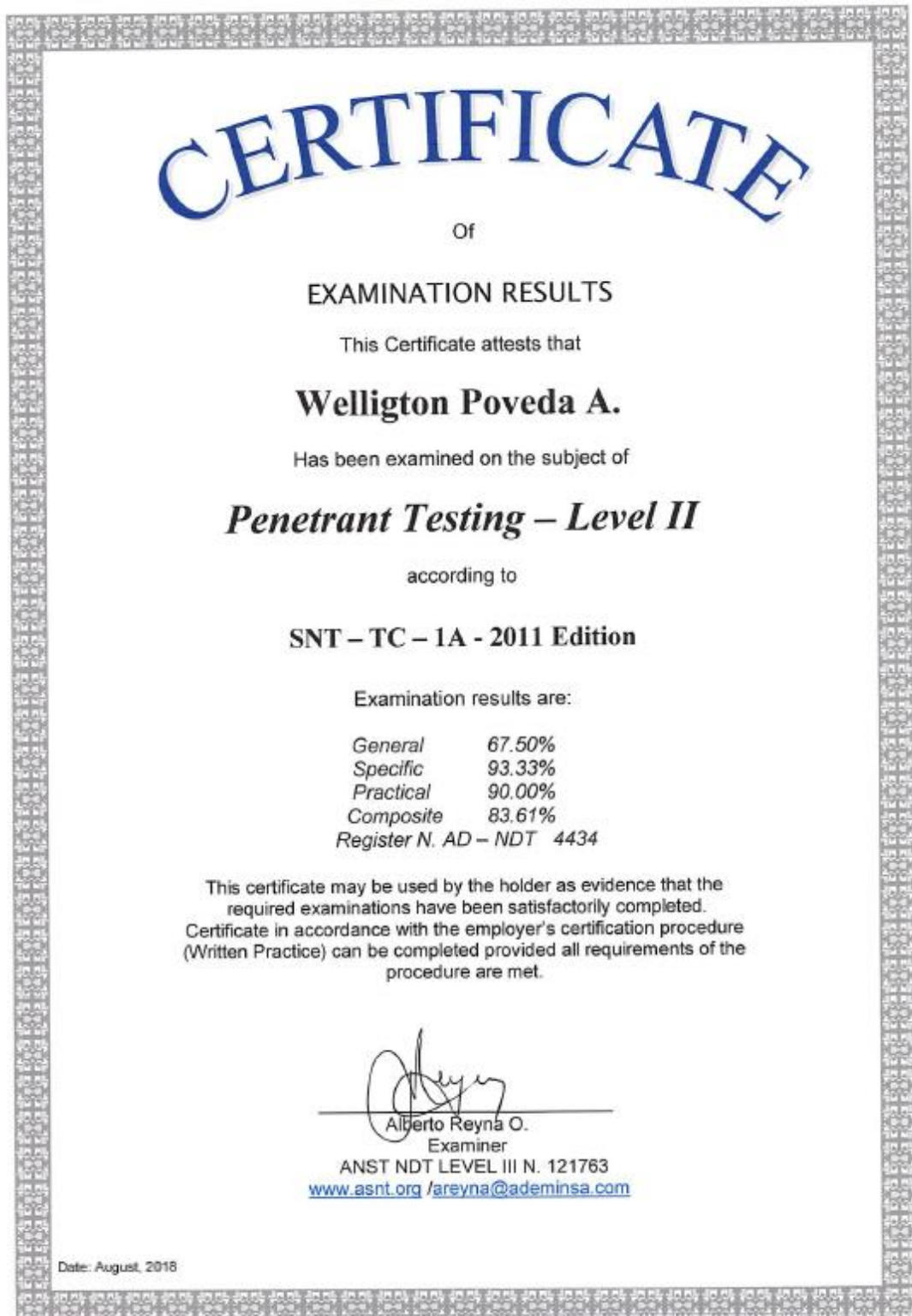
Revisado por:


 **JAVIER E. WONG**
 CWI 08122281
 DC1 EXP 12/01/17

Ing. Javier Wong
 Inspector de soldadura CWI No. 08122281

Ing. Javier Wong - CWI No.08122281 / CWS No.09110015 - 095 826 811 - (02)2607 159 - wong.javier@gmail.com

A3 Certificado de inspector de líquidos penetrantes



A3.1 Certificado de inspector de soldadura

No. 0090012

Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional
SECAP

REPÚBLICA DEL ECUADOR
EL SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACIÓN PROFESIONAL

Certifica que:

POVEDA ALMEIDA WELLIGTON VLADIMIR

Habiendo cumplido con los requisitos estipulados en los reglamentos correspondientes, aprobó el curso/programa:

INSPECTOR DE SOLDADURA

En la modalidad: PRESENCIAL Sector: PRODUCTIVO

Realizado en Ambato del 02 - 03 - 2015 al 29 - 04 - 2015

Con una duración de: 160 Horas

Contenido:

- REGISTROS DE INSPECCION
- FUNDAMENTOS DE METALURGIA
- INSPECCION DEL PROCESO DE SOLDADURA
- CONTROL DE CALIDAD EN LA SOLDADURA

Dado y Firmado en Ambato el 07 de May de 2015

DIRECTORA EJECUTIVA
SERVICIO ECUATORIANO DE
CAPACITACIÓN PROFESIONAL / DELEGADO

Ministerio de Relaciones Laborales

No. 0090012

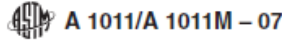
CERTIFICACIÓN Y REGISTRO

CENTRO Ambato CÓDIGO CURSO 55902, 55904,
55906, 55908
NOMBRE DEL PARTICIPANTE POVEDA ALMEIDA WELUGTON VLADIMIR
CERTIFICADO No. 9-D2015-2-90012 DURACIÓN 160 HORAS
LIBRO No. 9-D2015-2 FOLIO No. 50P
FECHA DE REGISTRO EN LIBRO 07.05.2015

El usuario del presente Certificado descarga y libera al SECAP de toda responsabilidad administrativa, civil o penal, que se pudieran derivar del uso del mismo. El usuario declara además que es de su exclusiva responsabilidad el uso del presente Certificado, siendo el único responsable en la ejecución de las actividades que realice como resultado de la obtención del referido instrumento. De igual forma, el usuario así como sus familiares, herederos o administradores, renuncia a instaurar cualquier tipo de demanda o acción legal similar contra el SECAP originada en las actividades que trata la Certificación. De ser necesario el SECAP se reserva el derecho de investigar y trasladar a las instancias correspondientes las anomalías o novedades.



A4 Composición del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50



**TABLE 1 Chemical Composition^A
For Hot Rolled Steel Sheet and Strip Designations CS and DS**

	Composition, % Heat Analysis Element maximum unless otherwise shown														
	C	Mn	P	S	Al	Si	Cu	Ni	Cr ^B	Mo	V	Cb	Ti ^C	N	B
CS Type A ^{D,E,F,G}	0.10	0.60	0.030	0.035	...	...	0.20 ^H	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
CS Type B ^F	0.02 to 0.15	0.60	0.030	0.035	...	...	0.20 ^H	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
CS Type C ^{D,E,F,G}	0.08	0.60	0.10	0.035	...	...	0.20 ^H	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
CS Type D ^F	0.10	0.70	0.030	0.035	...	...	0.20 ^H	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.008	...	...
DS Type A ^{D,E,G}	0.08	0.50	0.020	0.030	0.01 min	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
DS Type B	0.02 to 0.08	0.50	0.020	0.030	0.01 min	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...

^A Where an ellipsis (...) appears in the table, there is no specified limit, but the analysis shall be reported.
^B Chromium is permitted, at the producer's option, to 0.25 % maximum when the carbon content is less than or equal to 0.05 %.
^C For steels containing 0.02 % carbon or more, titanium is permitted at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.5S or 0.025 %.
^D Specify Type B to avoid carbon levels below 0.02 %.
^E For carbon levels less than or equal to 0.02 %, it is permissible to use vanadium, columbium, or titanium, or combinations thereof, as stabilizing elements at the producer's option. In such case, the limits for these elements are 0.10 % for vanadium or columbium and 0.15 % for titanium.
^F When an aluminum deoxidized steel is required, it is permissible to order a minimum of 0.01 % total aluminum.
^G It is permissible to furnish as a vacuum degassed or chemically stabilized steel, or both, at producer's option.
^H When copper steel is specified, the copper limit is a minimum requirement. When copper steel is not specified, the copper limit is a maximum requirement.

**TABLE 2 Chemical Composition^A
For Hot Rolled Steel Sheet and Strip Designations SS, HSLAS, HSLAS-F, and UHSS**

Designation	% Heat Analysis, Element Maximum unless otherwise shown														
	C	Mn	P	S	Al	Si	Cu ^B	Ni	Cr	Mo	V	Cb	Ti	N	
SS: ^C															
Grade 30 [205]	0.25	0.90	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 33 [230]	0.25	0.90	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 36 [250] Type 1	0.25	0.90	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 36 [250] Type 2 ^D	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 40 [275]	0.25	0.90	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 45 [310] ^D	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 50 [340] ^D	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 55 [380] ^D	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 60 [410]	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 70 [480]	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
Grade 80 [550]	0.25	1.35	0.035	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
HSLAS: ^E															
Grade 45 [310] Class 1 ^D	0.22	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 45 [310] Class 2	0.15	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 50 [340] Class 1 ^D	0.23	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 50 [340] Class 2	0.15	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 55 [380] Class 1 ^D	0.25	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 55 [380] Class 2	0.15	1.35	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 60 [410] Class 1	0.26	1.50	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 60 [410] Class 2	0.15	1.50	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 65 [450] Class 1	0.26	1.50	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 65 [450] Class 2	0.15	1.50	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 70 [480] Class 1	0.26	1.65	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.16	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 70 [480] Class 2	0.15	1.65	0.04	0.04	...	...	0.20	0.20	0.15	0.16	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
HSLAS-F: ^E															
Grade 50 [340] and 60 [410]	0.15	1.65	0.020	0.025	...	...	0.20	0.20	0.15	0.06	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 70 [480] and 80 [550]	0.15	1.65	0.020	0.025	...	...	0.20	0.20	0.15	0.16	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
UHSS: ^E															
Grade 90 [620] and 100 [690] Type 1	0.15	2.00	0.020	0.025	...	...	0.20	0.20	0.15	0.40	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...
Grade 90 [620] and 100 [690] Type 2	0.15	2.00	0.020	0.025	...	...	0.60	0.50	0.30	0.40	0.005 min	0.005 min	0.005 min	...

^A Where an ellipsis (...) appears in the table, there is no requirement but the analysis shall be reported.
^B When copper is specified, a minimum of 0.20 % is required. When copper steel is not specified, the copper limit is a maximum requirement.
^C Titanium is permitted for SS designations, at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.5S or 0.025 %.
^D For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to a maximum of 1.50 %.
^E HSLAS, HSLAS-F, and UHSS steels contain the strengthening elements columbium (niobium), vanadium, titanium, and molybdenum added singly or in combination. The minimum requirements only apply to the microalloy elements selected for strengthening of the steel.
^F The purchaser has the option of restricting the nitrogen content. It should be noted that, depending on the microalloying scheme (for example, use of vanadium) of the producer, nitrogen may be a deliberate addition. Consideration should be made for the use of nitrogen binding elements (for example, vanadium, titanium).

A4.1 Propiedades del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50



A 1011/A 1011M – 07

**TABLE 4 Mechanical Property Requirements^A
For Hot Rolled Steel Sheet and Strip Designations SS, HSLAS, HSLAS-F, and UHSS**

Designation	Yield Strength	Tensile Strength ^B	Elongation in 2 in. [50 mm] min, % for Thicknesses:			Elongation in 8 in. [200 mm], % for Thickness:
			Under 0.230 [6.0 mm] to 0.097 [2.5 mm]	Under 0.097 [2.5 mm] to 0.064 [1.6 mm]	Under 0.064 [1.6 mm] to 0.025 [0.65 mm]		Under 0.230 [6.0 mm]
	ksi [MPa] min	ksi [MPa] min				
SS:						
Grade 30 [205]	30 [205]	49 [340]	25	24	21	19
Grade 33 [230]	33 [230]	52 [360]	23	22	18	18
Grade 36 [250] Type 1	36 [250]	53 [365]	22	21	17	17
Grade 36 [250] Type 2	36 [250]	58-80 [400-550]	21	20	16	16
Grade 40 [275]	40 [275]	55 [380]	21	20	15	16
Grade 45 [310]	45 [310]	60 [410]	19	18	13	14
Grade 50 [340]	50 [340]	65 [450]	17	16	11	12
Grade 55 [380]	55 [380]	70 [480]	15	14	9	10
Grade 60 [410]	60 [410]	75 [480]	14	13	8	9
Grade 70 [480]	70 [480]	85 [550]	13	12	7	8
Grade 80 [550]	80 [550]	95 [620]	12	11	6	7
HSLAS:						
			Over 0.097 in. [2.5 mm]	Up to 0.097 [2.5 mm]		...
Grade 45 [310] Class 1	45 [310]	60 [410]	25	23		...
Grade 45 [310] Class 2	45 [310]	55 [380]	25	23		...
Grade 50 [340] Class 1	50 [340]	65 [450]	22	20		...
Grade 50 [340] Class 2	50 [340]	60 [410]	22	20		...
Grade 55 [380] Class 1	55 [380]	70 [480]	20	18		...
Grade 55 [380] Class 2	55 [380]	65 [450]	20	18		...
Grade 60 [410] Class 1	60 [410]	75 [520]	18	16		...
Grade 60 [410] Class 2	60 [410]	70 [480]	18	16		...
Grade 65 [450] Class 1	65 [450]	80 [550]	16	14		...
Grade 65 [450] Class 2	65 [450]	75 [520]	16	14		...
Grade 70 [480] Class 1	70 [480]	85 [585]	14	12		...
Grade 70 [480] Class 2	70 [480]	80 [550]	14	12		...
HSLAS-F:						
Grade 50 [340]	50 [340]	60 [410]	24	22		...
Grade 60 [410]	60 [410]	70 [480]	22	20		...
Grade 70 [480]	70 [480]	80 [550]	20	18		...
Grade 80 [550]	80 [550]	90 [620]	18	16		...
UHSS:						
Grade 90 [620] Types 1 and 2	90 [620]	100 [690]	16	14		...
Grade 100 [690] Types 1 and 2	100 [690]	110 [760]	14	12		...

^A For coil products, testing by the producer is limited to the end of the coil. Mechanical properties throughout the coil shall comply with the minimum values specified.
^B A minimum and maximum tensile strength has been specified for SS36 Type 2.

A5 Certificado de control de calidad del acero ASTM A500 Grado C

CONDUIT
S.A.
CALLE 1000
BOGOTÁ

CERTIFICADO DE INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD

ACEROSCENTER S.A.

06/02/2018



CONDUIT
DEL ECUADOR S.A.

CLIENTE:
FECHA:

FECHA DEL TUBO:
NÚMERO DE ANILLO:
INSPECCION:
FECHA DEL REPORTE:

DENOMINACION DE LA TUBERIA	ORDEN DE PRODUCCION	CANTIDAD (TUBOS)	MEDICIONES PROMEDIO DEL TUBO		PROPIEDADES MECANICAS DEL MATERIAL				CAPA DE ZN (µm)	EXPANSION	INSPECCION VISUAL
			LARGO ROSCA (mm)	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	ESPESOR (mm)	LARGO (mm)	R _m (N/mm ²)	ELONG. (N/mm ²)			
CUAD HRC 20X20X2.0X6.00M NEGRO	-	200	-	20.45X20.55	1.58	5008	38	150	-	P	A
RECT HRC 100X50X1.0X6.00M NEGRO	-	18	-	100.20X50.30	2.95	6007	38	150	-	P	A
CUAD HRC 50X50X2.0X6.00M GALV	-	700	-	50.55X50.59	1.98	6008	38	150	508	P	A
CUAD HRC 40X40X2.0X6.00M GALV	-	72	-	40.90X40.20	1.89	6005	35	150	520	P	A

ACEPTADO
RECHAZADO
PAGA
REPROBADA

MATERIA PRIMA REC.	ACEROS A500
INDICIA EQUIVALENTES:	ASTM A500 - GRADO C - TYPE 1
COMPOSICION QUIMICA:	MANGANESO (Mn) 0.9 SILICIO (Si) 0.04 (max) FOSFORO (P) 0.035 AZUFRE (S) 0.04

PROPIEDADES MECANICAS	345 N/mm ²
DESENCAN A LA TRACCION	2.50 a 1.2mm
EFECTOS	20%
ELONGACION MINIMO	1.6 a 0.55mm
	17%




A5.1 Certificado de calidad del acero ASTM A500 Grado C otorgado por el distribuidor



Mérida:
Km. 10.5 vía Daule - Guayaquil, Ecuador
Teléfono: 593-4-2110260 Fax: 593-4-2110961
www.ipac-ecuador.com
Sistema de Gestión Certificado bajo normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004

CERTIFICADO DE CALIDAD MATERIA PRIMA CC FOR 21 ver 16 10 08

N° DE CERTIFICADO: 16928
DOCUMENTO #: 114459
CLIENTE: VARMA
DIRECCION: CALLE PISACHA SECTOR LLUNGUA
O.COMPRÁ: P. NANDINA : 7306.61.00
Cod.Interno : VARM C06 08 15
FECHA: 14 08 2019

Descripción Producto	Unidades	Orden Producción	Norma Producción	Norma Tolerancia	Calidad de Material	N° Pedido Interno	Código Acero MP	PROPIEDADES MECANICAS				Recubrimiento zinc g/m²	Especificación Adicional									
								Est. Tmco. Ft (Mpa)	Est. Fluencia Fy (Mpa)	% Elong (2")	Dureza RHB											
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR NEGRO																						
40" 20" 2.0" 6 000 mm	40	30963	INEN 2415	INEN 2415	JIS G 3132 SPHT 1	5043	2281003	383	292	41		N.A										
60" 40" 2.0" 6 000 mm	20	30968	INEN 2415	INEN 2415	ASTM A 36	5120	E18602286	420	380	40		N.A										
60" 40" 3.0" 6 000 mm	10	30919	ASTM A 500	ASTM A 500 G A	ASTM A 36	5168	S102310	466	347	38		N.A										
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO NEGRO																						
20" 20" 2.0" 6 000 mm	10	30799	INEN 2415	INEN 2415	ASTM A 36	5167	E19401287	429	360	32		N.A										
25" 25" 2.0" 6 000 mm	10	30716	INEN 2415	INEN 2415	ASTM A 36	5167	E19401287	429	360	32		N.A										
30" 30" 2.0" 6 000 mm	60	30418	INEN 2415	INEN 2415	JIS G 3132 SPHT 1	5015	D186611132	390	304	43		N.A										
40" 40" 3.0" 6 000 mm	10	30367	INEN 2415	INEN 2415	ASTM A 36	5044	D18711074	472	334	32		N.A										
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO GALVANIZADO																						
40" 40" 2.0" 6 000 mm lámina	60	30823	INEN 2415	INEN 2415	JIS G 3302	5136	S200174	344	264	46		2.270										
60" 60" 2.0" 6 000 mm Lámina	64	30963	INEN 2415	INEN 2415	JIS G 3302	5156	S101326	338	260	46		2.270										
COMPOSICION QUIMICA %													TOLERANCIAS DIMENSIONALES mm			ATRIBUTOS / ENSAYOS						
Descripción Producto	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	B	Si eq	Ceq	Asunto especific			Espesor	Medida A	Medida B	Largo	Apertura superficial	FLECHA	FLECHA LARGO
													mm	mm	mm							
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR NEGRO																						
40" 20" 2.0" 6 000 mm	0,07	0,364	0,029	0,0086	0,016	0,023	0,004	0,007	0,037		0,06	0,14	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
60" 40" 2.0" 6 000 mm	0,04	0,7	0,03	0,02	0,016				0,018		0,07	0,16	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
60" 40" 3.0" 6 000 mm	0,2	0,23	0,17	0,005	0,02	0,03	0,01	0,01	0,006		0,22	0,27	+0,30	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO NEGRO																						
20" 20" 2.0" 6 000 mm	0,04	0,7	0,02	0,001	0,013				0,025		0,06	0,16	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
25" 25" 2.0" 6 000 mm	0,04	0,7	0,02	0,001	0,013				0,025		0,06	0,16	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
30" 30" 2.0" 6 000 mm	0,06	0,22	0,03	0,01	0,012				0,036		0,06	0,10	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
40" 40" 3.0" 6 000 mm	0,18	0,37	0,02	0,01	0,016				0,0366	0,0016	0,06	0,25	+0,30	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO GALVANIZADO																						
40" 40" 2.0" 6 000 mm lámina	0,05	0,16	0,01	0,012	0,012						0,04	0,08	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
60" 60" 2.0" 6 000 mm Lámina	0,05	0,16	0,03	0,006	0,011						0,06	0,08	+0,20	+0,50	+0,50	+6		Ok	Ok	Ok		
OBSERVACIONES																			 Responsable de Calidad			
LOS VALORES INDICADOS EN ESTE DOCUMENTO FUERON VALIDADOS POR EL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Y LOS MISMO SE GUARDAN EN LOS REGISTROS DE LA COMPAÑIA.																						
Medida A= Ancho del perfil Medida B= Altura del Perfil Mpa=10.2 Kg./CM2 G. 62= 25.9 Ambs.cara recubrimiento																						

A5.2 Propiedades del acero ASTM A500 Grado C

ASTM A500 Steel, grade C, shaped structural tubing

Categories: [Metal](#); [Famous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: The Cu content of 0.18% is a minimum content when copper steel is specified.

Key Words: copper steels, copper-steels, UNS K02705

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in ³	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	425 MPa	61600 psi	
Tensile Strength, Yield	345 MPa	50000 psi	
Elongation at Break	21 %	21 %	
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<= 0.27 %	<= 0.27 %	
Copper, Cu	<= 0.18 %	<= 0.18 %	
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	<= 1.4 %	<= 1.4 %	
Phosphorous, P	<= 0.050 %	<= 0.050 %	
Sulfur, S	<= 0.063 %	<= 0.063 %	

[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

A6 Composición química del Alambre ER70S-6

LINYI ZHONGDI INTERNATIONAL TRADE CO.,LTD.
Test Certificate

INVOICE NO.: ZDCI-ELI2019/4/1

Product name: WELDING WIRE

Specification: ER70S-6 0.9mm Quantity: 17010kgs

LOT NO.:261234 Manufacture date for material: 2019-3-18

1. CHEMICAL COMPOSITION %

ELEMENT	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cu	Cr	Mo	V
Specification	0.06-0.15	0.80-1.15	1.40-1.85	<0.025	<0.025	<0.15	<0.5	<0.15	<0.15	<0.03
Actual result	0.07	0.84	1.47	0.019	0.019	0.02	0.04	0.05	0.005	0.005

2. MECHANICAL PROPERTIES

ITEM	Tensile strength Mpa(Kgf/m ²)	Yield strength Mpa(Kgf/m ²)	Elongation (%)	Test of V model impact		Shielding gas or flux	X Radiographic Test
				Impact energy (J)	Test temp (°C)		
Specification	>500	>420	>22	>27J	-30	Co2	II
Actual result	577	464	27	78	-30	Co2	I

Add: 1208-032 NO.100 LINGONG ROAD LINYI CITY SHANDONG PROVINCE CHINA

Date of issue: 2019-3-25



A6.1 Certificado de conformidad Alambre ER70S-6

DPTO. DESARROLLO Y CONTROL
LAB. QUIMICO METALURGICO
PLANTA ELECTRODOS



CERTIFICADO DE CALIDAD

CERTIFICADO N°	190812	FECHA DE EMISIÓN:	12/8/2019
PRODUCTO:	Alambre MIG LINDE 0,9 mm CTE15kg ER70S-6	DIAMETRO:	0,9mm
LOTE DEL PRODUCTO:	90428816		

ANÁLISIS QUÍMICO

PARAMETRO	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr
ESPECIFICACION	Máx. 0,15	Máx. 1,85	Máx.1,15	Máx. 0,025	Máx. 0,035	Máx. 0,50
VALOR OBTENIDO	0,086	1,480	0,926	0,009	0,010	0,026

RESULTADOS / ENSAYOS

ESPECIFICACION	Análisis	Min.	Máx.
Diámetro real (mm)	0.878	0.86	0.91
Ovalidad (mm)	0.002	N/A	0.01
Resistencia (N/mm2)	1447	1300	1550
Acabdo Superficial	Cumple	Cumple	Cumple
HELIX (mm)	2.30	N/A	50
CAST	998	600	1200
Doblado 180° d-6; 3Øs	Cumple	Cumple	Cumple
Ductilidad d-6; 3Øs; 8 vueltas min	Cumple	Cumple	Cumple
Peso (g)	15	15	15.1
Capa de Cobre (g/m2)	2.054	0.8	N/A
Resistencia a la Tracción (Mpa)	553	480	N/A
Elongación (%)	60.50	22	N/A
Impacto Charpy (Joule) -30 °C	134	27	N/A

Observaciones :

El alambre cumple con las especificaciones de la norma AWS A5.18 , ASME SF A5.18 ER70S-6
Producto elaborado por IDEAL ALAMBREC S.A. para LINDE ECUADOR S.A.

Ing. Newton Gressely
Jefe del Dpto. Desarrollo y Control

Linde Ecuador S.A.
Km. 5.5 vía Daule, Guayaquil-Ecuador
Phone:(593) (04) 2851760 / 2259193 Ext :12
www.linde.com

A7 Certificado de conformidad de CO₂

INDURA Ecuador S.A.: Km. 14,5 Vía a Daule Av. El Cenáculo, Guayaquil
PBX: (593-4) 2597610 Centro de Servicio al Cliente 1800 463872
www.indura.net

INDURA
Grupo AIR PRODUCTS

INDURA trabaja bajo los estándares internacionales de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad.

INDURA trabaja bajo los estándares internacionales de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad.

PROCESOS CERTIFICADOS POR LLOYDS REGISTER

- Líquidos Criogénicos y Gases Comprimidos ISO 9001
- Gases para Alimentos ISO 14001
- ISO 9001
- ISO 22000

CERTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN POR MSP

- Líquidos y Gases Medicinales

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

INDURA ECUADOR S.A., certifica que su producto DIÓXIDO DE CARBONO INDUSTRIAL, se encuentra conforme a la siguiente composición química:

Código SAP	10347
Componentes	Requisitos
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Minima 99.9 % v/v
Humedad (H ₂ O)	≤ 20 ppm

* 1 ppm (V/V) = 1 ml/m³

Ref. ET-MEC-DIOXCAR-XX

Ref. NTE INEN 2377:2005 - TABLA 1. Requisitos Químicos del Dióxido de Carbono

Envases: 20 kg & 29 Kg

Vigencia del producto: 3 Años

Este producto ha sido llenado por Indura Ecuador S.A., para verificar la conformidad con la especificación anunciada se lleva a cabo el análisis del proceso en un cilindro del mismo lote posterior al análisis se asigna un número de lote y se mantienen los registros de producción y control de calidad para garantizar la trazabilidad del producto.

Revisión: 04/2019



AWS D1.3/D1.3M:2018
An American National Standard



Structural Welding Code— Sheet Steel



Structural Welding Code—Sheet Steel

1. General Requirements

1.1 Scope

This code contains the requirements for arc welding of structural sheet/strip steels, including cold formed members, hereafter collectively referred to as “sheet steel,” which are equal to or less than 3/16 in [5 mm] in nominal thickness. In addition, welding hollow structural section (HSS) also called tubular members with wall thickness less than 1/8 in [3 mm] are included in the scope of this code. Design requirements for HSS member connections are not in the scope of this code. When this code is stipulated in contract documents, conformance with all its provisions shall be required, except for those provisions that the Engineer or contract documents specifically modifies or exempts.

When used in conjunction with AWS D1.1/D1.1M, conformance with the applicable provisions of Annex A of AWS D1.3/D1.3M shall apply (see also Table 1.1). Two weld types unique to sheet steel, arc spot and arc seam, are included in this code.

1.1.1 Applicable Materials. This code is applicable to the welding of structural sheet steels to other structural sheet steels or to supporting structural steel members.

1.1.2 General Requirements. The fundamental premise of the code is to provide general requirements applicable to any situation. Acceptance criteria for production welds different from those specified in the code shall be permitted for a particular application, provided they are suitably documented by the proposer and approved by the Engineer. These alternate acceptance criteria shall be based upon evaluation of suitability for service using past experience, experimental evidence, or engineering analysis considering material type, service load effects, and environmental factors.

1.1.3 Approval. All references to the need for approval shall be interpreted to mean approval by the Engineer, defined as the duly designated person who acts for and in behalf of the owner on all matters within the scope of this code. Deviations from code requirements shall require the Engineer’s approval.

1.2 Standard Units of Measurement

This standard makes use of both U.S. Customary Units and the International System of Units (SI). The latter are shown within brackets ([]) or in appropriate columns in tables and figures. The measurements may not be exact equivalents; therefore, each system must be used independently. Equivalents for gages or fractions are noted within parenthesis throughout the standard.

1.3 Safety

Safety and health issues and concerns are beyond the scope of this standard; some safety and health information is provided, but such issues are not fully addressed herein.

Safety and health information is available from the following sources:

American Welding Society:

- (1) ANSI Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*
- (2) AWS Safety and Health Fact Sheets
- (3) Other safety and health information on the AWS website

Material or Equipment Manufacturers:

- (1) Safety Data Sheets supplied by materials manufacturers
- (2) Operating Manuals supplied by equipment manufacturers

Applicable Regulatory Agencies

Work performed in accordance with this standard may involve the use of materials that have been deemed hazardous, and may involve operations or equipment that may cause injury or death. This standard does not purport to address all safety and health risks that may be encountered. The user of this standard should establish an appropriate safety program to address such risks as well as to meet applicable regulatory requirements. ANSI Z49.1 should be considered when developing the safety program.

1.4 Sheet Steel Base Metal

1.4.1 Specified Base Metals. Sheet steel base metals to be welded under this code shall conform to the requirements of the latest edition of one of the specifications listed in Table 1.2, or any sheet steel qualified in conformance with 1.4.2. Any combination of these steels may be welded together. These steels may also be welded to any of the steels listed in the latest edition of AWS D1.1/D1.1M, *Structural Welding Code—Steel*.

1.4.2 Other Base Metals. When a steel other than those covered in 1.4.1 is approved under the provisions of the project or product specification, and such a steel is proposed for welded construction, the weldability of the steel and the WPS for welding it shall be established by qualification in conformance with the requirements of Clause 6 and such other requirements as prescribed by the Engineer.

1.4.3 Minimum Yield Point. The provisions of this code are intended for use with sheet steel having a minimum specified yield point equal to or less than 80 ksi [550 MPa].

1.5 Welding Processes

1.5.1 Approved Processes. This code provides for welding with the shielded metal arc welding (SMAW), gas metal arc welding (GMAW), flux cored arc welding (FCAW), gas tungsten arc welding (GTAW), or submerged arc welding (SAW) welding processes. (NOTE: Any variation of gas metal arc welding (GMAW), including short-circuiting transfer, is acceptable.)

1.5.2 Stud Welding. When stud welding through the flat portion of sheet steel decking or roofing onto other product forms, the WPS, the studs, and the quality control requirements shall conform with the applicable provisions in the AWS D1.1/D1.1M code.

1.5.3 Other Processes. Other welding processes may be used when approved by the Engineer. In such case, the Engineer shall specify any additional qualification requirements necessary to assure satisfactory joints for the intended service.

1.6 Weld Metal Requirements

1.6.1 Matching Filler Metals. When using the indicated weld process, the filler metals listed in Table 1.2 provide a weld joint with strengths matching that of the base metal. When base metals of dissimilar strengths are welded, the filler metal tensile strength shall be equal to or greater than that of the lowest tensile strength base metal.

1.6.2 Other Base Metal/Filler Metal Combinations. Base metal/filler metal combinations other than those described in 1.6.1 shall be permitted when approved by the Engineer.

1.6.3 Manufacturer's Certification. When requested by the Engineer, the contractor shall furnish an electrode manufacturer's certification stating that the electrode will meet the requirements of the classification.

1.6.4 Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

1.6.4.1 AWS Specification. Electrodes for SMAW shall conform to the requirements of the latest edition of AWS A5.1/A5.1M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, or to the requirements of AWS A5.5/A5.5M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*.

1.6.4.2 Low-Hydrogen Electrode Control. This control shall be for sheet steel that is welded to a primary structural member which is thicker than 1/4 in [6 mm], placing the jurisdiction of this control as specified in AWS D1.1/D1.1M.

1.6.4.3 Nonlow-hydrogen Electrodes. Nonlow-hydrogen electrodes may be used in a qualified WPS for arc spot, arc seam, and arc plug welds of sheet metal in the flat position to primary structural members thicker than 1/4 in [6 mm], as limited by Annex A Table A.1 Note 1.

1.6.5 Submerged Arc Welding (SAW)

1.6.5.1 AWS Specification. The bare electrodes and fluxes used in combination for SAW shall conform to the requirements of the latest edition of AWS A5.17/A5.17M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding*, or to the requirements of the latest edition of AWS A5.23/A5.23M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding*.

1.6.5.2 Flux. Flux used for submerged arc welding shall be dry and free of contamination from dirt, mill scale, oils, or other foreign material. All flux shall be purchased in packages that can be stored, under normal conditions, for at least six months without such storage affecting its welding characteristics or weld properties. Flux from damaged packages shall be discarded or shall be dried at a minimum temperature of 250°F [120°C] for one hour before use. Flux shall be placed in the dispensing system immediately upon the opening of a package, or if used from an opened package, the top 1 in [25 mm] shall be discarded. Flux that has been wet shall not be used.

1.6.6 Gas Metal Arc Welding (GMAW), Flux Cored Arc Welding (FCAW), and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Filler Metals

1.6.6.1 AWS Specification. The filler metals and shielding for GMAW, FCAW, or GTAW shall conform to the requirements of the latest edition of AWS A5.18/A5.18M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Metal Arc Welding*, or AWS A5.28/A5.28M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*, AWS A5.20/A5.20M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, AWS A5.29/A5.29M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, or AWS A5.36/A5.36M, *Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Metal Arc Welding* as applicable.

1.6.6.2 Shielding Media. A gas or gas mixture used for shielding in GMAW, FCAW when required, or GTAW, shall meet the requirements of AWS A5.32/ A5.32M, *Specification for Welding Shielding Gases*. When requested by the Engineer, the gas manufacturer shall furnish certification that the gas or gas mixture meets the requirements of AWS A5.32/A5.32M.

1.7 Weld Types

1.7.1 Square-Groove Welds in Butt Joints. These types of welds are restricted to the welding of sheet steel to sheet steel in all positions of welding.

1.7.2 Fillet Welds. These types of welds may be used in all positions of welding involving sheet steel to sheet steel or a sheet steel to a supporting structural member.

1.7.2.1 Fillet Welds in Lap and T-Joints. Fillet welds in lap and T-joints may be used in all positions (see Table 1.3) involving a sheet steel to sheet steel or a sheet steel to a supporting structural member.

NOTE: When fillet welding sheet steel to a supporting structural member, measures shall be taken to prevent underbead cracking.

1.7.3 Flare-Groove Welds. These types of welds may be used in all positions involving the following:

- (1) Two sheet steels for flare-V and flare-bevel grooves
- (2) A sheet and a supporting structural member for flare-bevel groove (see Table 1.3)

1.7.4 Arc Spot Welds. These types of welds are spot welds made by an arc welding process in which the welds are made without preparing a hole in either member. These welds are restricted to the welding of sheet steel to supporting structural member in the flat position (see Table 1.3). *NOTE: Neither the thickness of a single sheet nor the combined thickness of two sheets welded to the thicker supporting structural members shall exceed 0.15 in [3.7 mm].*

1.7.5 Arc Seam Welds. Arc seam welds are made without preparing a slot in either member.

These welds are restricted to the welding of joints involving:

- (1) Sheet to sheet in the flat or horizontal position
- (2) Sheet to thicker supporting structural member in the flat position (see Table 1.3)

1.7.6 Arc Plug Welds. Arc plug welds are made by filling a circular hole in an outer member or members.

These welds may be used in all positions involving the following:

- (1) Multiple layers of sheet steels
- (2) Multiple layers of sheet steels and a thicker supporting structural member

1.8 Welding Symbols

The welding symbols used in this specification shall be those designated in AWS A2.4:2007, *Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination*. Special conditions shall be fully explained by notes or details.

Table 1.1
Code Application Matrix of D1.3 and D1.1 Codes Based on Material Thickness
Being Joined (see 1.1)

Material Thickness	$t_2 < 1/8$ in [3 mm]	$1/8$ in $\leq t_2 \leq 3/16$ in [3 mm $\leq t_2 \leq 5$ mm]	$t_2 > 3/16$ in [5 mm]
$t_1 < 1/8$ in [3 mm]	D1.3	D1.3 or Annex A	Annex A
$1/8$ in $\leq t_1 \leq 3/16$ in [3 mm $\leq t_1 \leq 5$ mm]	D1.3 or Annex A	D1.3 or Annex A or D1.1	Annex A or D1.1
$t_1 > 3/16$ in [5 mm]	Annex A	Annex A or D1.1	D1.1

Note: Annex A, Note 1 applications may be used without removal of coating or galvanizing, provided the application meets the requirements of Note 1.

Table 1.2
Matching Filler Metal Requirements (see 1.6.1)

Group No.	ASTM Steel Specifications	Yield Strength ^{a,b}		Tensile Strength ^{a,b}		AWS Filler Metal Specifications ^c
		ksi	MPa	ksi	MPa	
ASTM A53/A53M	Gr A	30	205	48	330	SMAW AWS A5.1/A5.1M E60XX, E70XX
	Gr B	35	240	60	415	SMAW AWS A5.5/A5.5M ^e E70XX-XX
ASTM A109/A109M	Temper 4	—	—	48 ^d	330 ^d	SMAW AWS A5.17/A5.17M E70XX-XX
	Temper 5	—	—	44 ^d	300 ^d	SMAW AWS A5.17/A5.17M F6AX-EXXX, F7AX-EXXX
ASTM A500 (Round structural tubing)	Gr A	33	230	45	310	SMAW AWS A5.23/A5.23M ^e F6AX-EXXXX, F7AX-ECXXX
	Gr B	42	290	58	400	SMAW AWS A5.23/A5.23M ^e F7AX-EXXXX-XX, F7AX-ECXXX-XX
	Gr C	46	315	62	425	GMAW/GTAW AWS A5.18/A5.18M ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM
	Gr D	36	250	58	400	GMAW AWS A5.36/A5.36M Carbon Steel Fixed Classifications ^f E70C-6M
ASTM A500 (Shaped structural tubing)	Gr A	39	270	45	310	Open Classifications ^g E7XT15-C1A2-CS1
	Gr B	46	315	58	400	E7XT15-M21-CS1, E7XTX-XAX-CS1, E7XTX-XAX-CS2
	Gr C	50	345	62	425	GMAW/GTAW AWS A5.28/A5.28M ^e ER70S-XXX, E70C-XXX
	Gr D	36	250	58	400	GMAW AWS A5.36/A5.36M ^{e, h} Low Alloy Steel Open Classifications
ASTM A501/A501M	Gr A	36	250	58	400	E7XTX-XAX-X FCAW AWS A5.20/A5.20M
ASTM A572/A572M	Gr 42	42	290	60	415	E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM FCAW AWS A5.36/A5.36M ^e Carbon Steel Fixed Classifications ^f
	Gr 45	45	310	65	450	E7XT-1C, E7XT-1M, E7XT-5C, E7XT-5M, E7XT-6, E7XT-8, E7XT-9C, E7XT-9M, E7XT-12C, E7XT-12M, E70T-4, E7XT-7
	Gr 50 (as rolled)	50	340	70	480	Open Classifications ^g E7XTX-C1AX-CS1, E7XTX-M21-CS1 ⁱ , E7XTX-CS1AX-CS2, E7XTX-M21-CS2 ^j
ASTM 606	Gr 50 (annealed/normalized)	45	310	65	450	E7XTX-XAX-CS1, E7XTX-XAX-CS2 E7XTX-AX-CS3 FCAW AWS A5.29/A5.29M ^e E6XTX-X, E6XTX-XC, E7XTX-X, E7XTX-XC, E6XTX-XM, E7XTX-XM FCAW AWS A5.36/A5.36M ^{e, h} Low Alloy Steel Open Classifications E6XTX-C1AX-X, E6XTX-M21-X ^k E7XTX-C1AX-X, E7XTX-M21X E6XTX-XAX-X, E7XTX-XAX-X, E6XTX-AX-X, E7XTX-AX-X
	Gr 33	33	230	45	310	
	Gr 37	37	255	52	360	
ASTM A653/A653M SS ^h	Gr 40	40	275	55	380	
	Gr 40	40	275	50	340	
	Gr 33	33	230	45	310	
ASTM A653/A653M HSLAS	Gr 37	37	255	52	360	
	Gr 40	40	275	55	380	
	Gr 33[230] Type H	33	230	45	310	
ASTM A792/A792M ^h SS	Gr 37[255] Type H	37	255	52	360	
	Gr 40[275] Type H	40	275	55	380	
	Gr 25	25	170	42	290	
ASTM A1003/A1003M	Gr 30	30	205	45	310	
	Gr 33 Type 1 and 2	33	230	48	330	
	Gr 40 Type 1 and 2	40	275	52	360	
ASTM A1008/A1008M SS	Gr 45	45	310	60	410	
	Gr 45 Class 1	45	310	60	410	
	Gr 45 Class 2	45	310	55	380	
ASTM A1008/A1008M HSLAS	Gr 50 Class 2	50	340	60	410	
	Gr 50	50	340	60	410	
	Gr 30	30	205	49	340	
ASTM A1008/A1008M HSLAS-F	Gr 33	33	230	52	360	
	Gr 36 Type 1	36	250	53	365	
	Gr 36 Type 2	36	250	58-80	400-550	
ASTM A1011/A1011M ^h SS	Gr 40	40	275	55	380	
	Gr 45 Type 1	45	310	60	410	
	Gr 45 Type 2	45-60	310-410	60	410	
	Gr 45 Class 1	45	310	60	410	
ASTM A1011/A1011M HSLAS	Gr 45 Class 2	45	310	55	380	
	Gr 50 Class 2	50	340	60	410	
	Gr 50	50	340	60	410	
ASTM A1011/A1011M HSLAS-F	Gr 50	50	340	60	410	

(Continued)

**Table 1.2 (Continued)
Matching Filler Metal Requirements (see 1.6.1)**

Group No.	ASTM Steel Specifications	Yield Strength ^{a,b}		Tensile Strength ^{a,b}		AWS Filler Metal Specifications ^c	
		ksi	MPa	ksi	MPa		
II	ASTMA109/A109M	Temper 3	—	—	55 ^d	380 ^d	SMAW AWS A5.1/A5.1M
	ASTMA501/A501M	Gr B	50	345	70	480	E70XX
ASTMA529/A529M	Gr 50	50	345	65–100	450–690	SMAW AWS A5.5/A5.5M ^e	
	Gr 55	55	380	70–100	485–690	E70XX	
ASTMA572/A572M	Gr 50	50	345	65	450	S.AW AWS A5.17/A5.17M	
	Gr 55	55	380	70	485	F7AX-EXXX, F7AX-ECXX	
ASTMA606	Gr 50	50	345	65	450	S.AW AWS A5.23/A5.23M ^e	
	Gr 55	55	380	70	485	F7AX-EXXX-XX, F7AX-ECXXX-XX	
ASTMA653 SS	Gr 50 Class 1	50	340	65	450	F7AX-EXXX-XX, F7AX-ECXXX-XX	
	Gr 50 Class 2	50	340	—	—	GMAW/GTAW AWS A5.18/A5.18M	
	Gr 50 Class 3	50	340	70	480	ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM	
	Gr 50 Class 4	50	340	60	410	GMAW/GTAW AWS A5.28/A5.28M ^e	
	Gr 55	55	380	70	480	ER70S-XXX, E70C-XXX	
	Gr 60	60	410	70	480	GMAW AWS A5.36/A5.36M ^{e, #}	
ASTMA653/A653M ^h HSLAS	Gr 50	50	340	60	410	Low Alloy Steel Open Classifications	
	Gr 55 Class 1	55	380	70	480	E7XTX-XAX-X	
	Gr 55 Class 2	55	380	65	450	FCAW AWS A5.20/A5.20M	
	Gr 60	60	410	70	480	E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM	
ASTMA653/A653M ^h HSLAS-F	Gr 55 Class 1	55	380	70	480	FCAW AWS A5.36/A5.36M	
	Gr 55 Class 2	55	380	65	450	Carbon Steel Fixed Classifications ^f	
	Gr 60	60	410	70	480	E7XT-1C, E7XT-1M,	
	Gr 60	60	410	70	480	E7XT-5C, E7XT-5M,	
ATMA792	Gr 50 Class 1	50	340	65	450	E7XT-6, E7XT-8,	
	Gr 50 Class 2	50	340	—	—	E7XT-9C, E7XT-9M,	
	Gr 50 Class 4	50	340	60	410	E7XT-12C, EX7T-12M,	
	Gr 60	60	410	70	480	E70T-4, E7XT-7	
ASTMA1003/A1003M	Gr 50 Type H	50	340	65 ⁱ	450	Open Classifications ^g	
	Gr 55 Type H	55	380	70 ⁱ	480	E7XTX-C1AX-CS1,	
	Gr 57 Type H	57	395	70 ⁱ	480	E7XTX-M21-CS1 ⁱ ,	
	Gr 60 Type H	60	410	70 ⁱ	480	E7XTX-C1AX-CS2,	
ASTMA1008/A1008M SS	Gr 50	50	340	65	450	E7XTX-M21-CS2 ⁱ ,	
	Gr 50 Class 1	50	340	65	450	E7XTX-XAX-CS1,	
	Gr 55 Class 1	55	380	70	480	E7XTX-XAX-CS2,	
ASTMA1008/A1008M HSLAS	Gr 55 Class 2	55	380	65	450	E7XTX-AX-CS3	
	Gr 60 Class 2	60	410	70	480	FCAW AWS A5.29/A5.29M ^e	
	Gr 60	60	410	70	480	E7XTX-X, E7XTX-XC,	
ASTMA1008/A1008M HSLAS-F	Gr 60	60	410	70	480	E7XTX-XM	
	Gr 60	60	410	70	480	FCAW AWS A5.36/A5.36M ^{e, #}	
ASTMA1011/A1011M SS	Gr 50	50	340	65	450	Low Alloy Steel Open Classifications	
	Gr 55	55	380	70	480	E7XTX-C1AX-X,	
	Gr 50 Class 1	50	340	65	450	E7XTX-M21X ⁱ ,	
ASTMA1011/A1011M HSLAS	Gr 55 Class 1	55	380	70	480	E7XTX-XAX-X	
	Gr 55 Class 2	55	380	65	450	E7XTX-AX-X	
	Gr 60 Class 2	60	410	70	480		
ASTMA1011/A1011M HSLAS-F	Gr 60	60	410	70	480		
ASTMA1039/A1039M SS	Gr 50	50	340	65	450		
	Gr 55	55	380	70	480		
	Gr 50 Class 1	50	340	65	450		
ASTMA1039/A1039M HSLAS	Gr 50 Class 2	50	340	60	410		
	Gr 55 Class 1	55	380	70	480		
	Gr 55 Class 2	55	380	65	450		
ASTMA1063/A1063M SS	Gr 50	50	340	65	450		
	Gr 55	55	380	70	480		
ASTMA1063/A1063M HSLAS	Gr 50 Class 1	50	340	65	450		
	Gr 50 Class 2	50	340	60	410		
	Gr 55 Class 1	55	380	70	480		
	Gr 55 Class 2	55	380	65	450		

(Continued)

Table 1.2 (Continued)
Matching Filler Metal Requirements (see 1.6.1)

Group No.	ASTM Steel Specifications		Yield Strength ^{a,b}		Tensile Strength ^{a,b}		AWS Filler Metal Specifications ^c
			ksi	MPa	ksi	MPa	
III	ASTM A572/A572M	Gr 60	60	415	75	520	SMAW AWS A5.5/A5.5M ^f E80XX-X
		Gr 65	65	450	80	550	
	ASTM A653/A653M SS	Gr 70	70	480	80	550	SAW AWS A5.23/A5.23M ^f F8AX-EXXX-XX, F8AX-ECXXX-XX
	ASTM A653/A653M HSLAS	Gr 70	70	480	80	550	GMAW/GTAW AWS A5.28/A5.28M ^f ER80S-XXX, E80C-XXX
	ASTM A653/A653M HSLAS-F	Gr 70	70	480	80	550	GMAW AWS A5.36/A5.36M ^{f,g}
	ASTM A1003/A1003M	Gr 70 Type H	70	480	80 ^h	550	
	ASTM A1008 SS	Gr 60	60	410	75	520	Low Alloy Steel Open Classifications E8XTX-XAX-X
	ASTM A1008/A1008M HSLAS	Gr 60 Class 1	60	410	75	520	
		Gr 65 Class 1	65	450	80	585	FCAW AWS A5.29/A5.29M ^f E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM
		Gr 65 Class 2	65	450	75	550	FCAW AWS A5.36/A5.36M ^{f,g}
	ASTM A1008/A1008M HSLAS-F	Gr 70 Class 2	70	480	80	550	Low Alloy Steel Open Classifications E8XTX-C1AX-X, E8XTX-M21X ⁱ
		Gr 70	70	480	80	550	E8XTX-XAX-X, E8XTX-AX-X
	ASTM A1011/A1011M SS	Gr 60	60	410	75	520	
	ASTM A1011/A1011M HSLAS	Gr 60 Class 1	60	410	75	520	
Gr 65 Class 1		65	450	80	550		
Gr 65 Class 2		65	450	75	520		
ASTM A1011/A1011M HSLAS-F	70 Class 2	70	480	80	550		
	Gr 70	70	480	80	550		
IV	ASTM A653 SS	Gr 80	80	550	82	570	SAW AWS A5.23/A5.23M ^f F9AX-EXXX-XX
	ASTM A653/A653M HSLAS	Gr 80	80	550	90	620	F9AX-ECXXX-XX
	ASTM A792/A792M (Al-Zn coated) ^b	Gr 80	80	550	82	570	GMAW/GTAW AWS A5.28/A5.28M ^f ER90S-X, E90C-XXX
	ASTM A1008/A1008M SS	Gr 70	70	480	85	585	GMAW AWS A5.36/A5.36M ^{f,g}
		Gr 80	80	550	82	565	Low Alloy Steel Open Classifications E9XTX-XAX-X
	ASTM A1008/A1008M HSLAS	Gr 70 Class 1	70	480	85	585	
	ASTM A1008/A1008M HSLAS-F	Gr 80	80	550	90	620	FCAW AWS A5.29/A5.29M ^f E9XTX-X, E9XTX-XC, E9XTX-XM
		Gr 70	70	480	85	585	FCAW AWS A5.36/A5.36M ^{f,g}
	ASTM A1011/A1011M SS	Gr 70	70	480	85	585	Low Alloy Steel Open Classifications E9XTX-C1AX-X, E9XTX-M21-X ⁱ
	ASTM A1011/A1011M HSLAS	Gr 70 Class 1	70	480	85	585	
		Gr 80	80	550	90	620	
	ASTM A1011/A1011M HSLAS-F	Gr 80	80	550	90	620	E9XTX-XAX-X, E9XTX-AX-X

^a Yield and tensile properties are those specified in the material standard.

^b Properties are minimum specified values unless noted otherwise.

^c See AWS D1.1/D1.1M for mandatory use of low-hydrogen electrodes and section 1.6.4.3 for nonlow-hydrogen electrodes for arc spot, seam and plug welds on metal decking.

^d Approximate values; mechanical properties are not listed in the ASTM Specification. Design values shall be determined by the Engineer.

^e Only the as-welded condition is applicable, therefore only the following filler metals specification electrode classifications meet the criteria for this table:

^f SMAW: AWS A5.1/A5.1M; AWS A5.5/A5.5M Electrodes with the following suffixes: -C3, -C3L, -C4, -P1, -NM1, -W1, -W2, -G, -M (when Purchaser and Supplier agree the alloy is to be used in the "as-welded" condition).

^g Only SAW AWS A5.17/A5.17M, AWS A5.23/A5.23M Flux/ Electrode combinations classified to be used in the "as-welded" condition.

^h GMAW: AWS A5.18/A5.18M; AWS A5.28/A5.28M Electrodes with the following classification suffixes: -Ni1, -D2, -G (when Purchaser and Supplier agree the alloy is to be used in the "as-welded" condition).

ⁱ FCAW: AWS A5.20/A5.20M; AWS A5.29/A5.29M Electrodes with the following classification suffixes: -Ni1 (except EXXT5-Ni1), -Ni1M (except EXXT5-Ni1M), -Ni1C (except EXXT5-Ni1C), -Ni2 (except EXXT5-Ni2), -Ni2M (except EXXT5-Ni2M), -Ni2C (except EXXT5-Ni2C), -Ni3 (except EXXT5-Ni3), -D1C, -D1M, -D3C, -D3M, -K1C, -K1M, -K2, -K2C, -K2M, -K6, -K6C, -K6M, -K8, -W2C, -W2M, -G (when Purchaser and Supplier agree the alloy is to be used in the "as-welded" condition).

^j FCAW: Any AWS A5.36/A5.36M FCAW or GMAW-Metal Core filler metal may be used in "PREQUALIFIED" WPS if classified in the "AS-WELDED" condition and meets all of the required mechanical properties for the sheet steel, regardless of alloy.

^k The prequalified Argon based shielding gases for carbon and low alloy steel FCAW, and carbon steel GMAW-Metal Core Fixed Classifications shall be M21-ArC-20-25(SG-AC-20/25), see 1.4.6.2(2).

^l For Open classifications for carbon and low alloy steel FCAW and GMAW-metal core electrodes, the electrodes classified with the previous shielding gas requirements of AWS A5.18/A5.18M, AWS A5.20/A5.20M, AWS A5.28/A5.28M, and AWS A5.29/A5.29M shall be considered for use with prequalified WPS and other shielding gases listed in Table 5 of AWS A5.36/A5.36M used for classification of an electrode, but only the specific shielding gas used for classification and not the range of the shielding gas designator, see 1.4.6.2(3).

^m For galvanized material see ASTM Specifications for coating details.

ⁿ For material used for floor plate see ASTM A786 clause 7

^o Specified for Type H only






Table 1.3
Welding Positions^a and Restrictions for WPS (see 1.7.3)

	Square-Groove Weld in Butt Joint	Fillet Weld	Flare-Bevel- Groove Weld	Flare-V- Groove Weld	Arc Spot Weld	Arc Seam Weld	Arc Plug Weld
Sheet to Sheet	F H V OH	F H V OH	F H V OH	F H V OH	— — — —	F H — —	F H V OH
Sheet to Supporting Member	— — — —	F H V OH	F H V OH	— — — —	F — — —	F — — —	F H V OH
HSS to HSS or HSS to Sheet or Supporting Member	F H V OH	F H V OH	F H V OH	F H V OH	— — — —	— — — —	— — — —

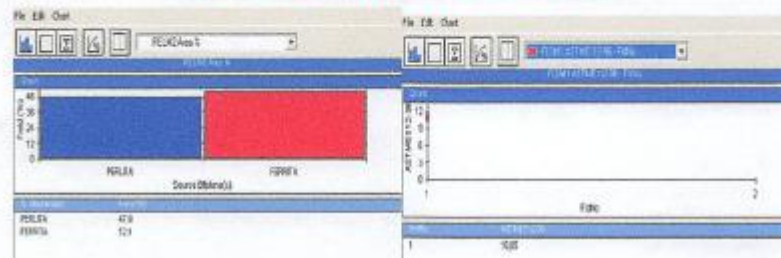
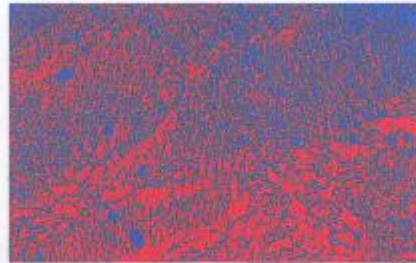
^a Positions of welding: F = flat, H = horizontal, V = vertical, OH = overhead

A9 Informes de ensayos de metalografía

A9.1 Acero HSLA A1011 Gr 50

CTT - FICM		CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA		FICM	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
<i>Laboratorio – Ingeniería Mecánica</i>					
ENSAYO METALOGRAFÍA					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De laboratorio		Ensayo No:	01	
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6				
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA		Fecha:	19/03/2019	
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM				
PARÁMETROS			ORDEN: 125		
Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo:	N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:	
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente	
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico			
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500		
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos		
RESULTADO: CON EL ANALISIS METALOGRAFICO SE OBTUVO UN ACERO HSLA 1011 GRADO 50					
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA					
					
40X	100X	200X	400X		

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (47.9\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.3755\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.479(240) + 0.521(90)$$

$$HB = 161.85 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(161.85) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 80.925 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	02
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

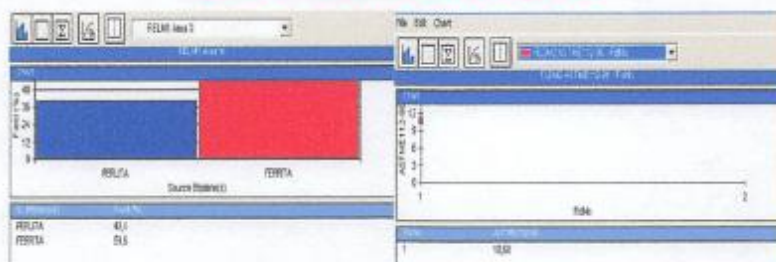
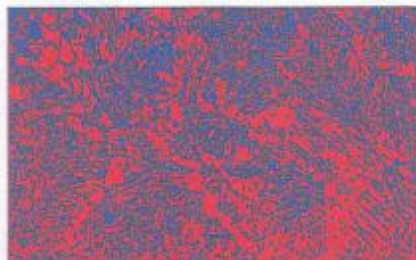
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 ° C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (40.4\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.3201 \%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.404(240) + 0.596(90)$$

$$HB = 150.6 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(150.6) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 75.3 \text{ (kpsi)}$$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	03
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

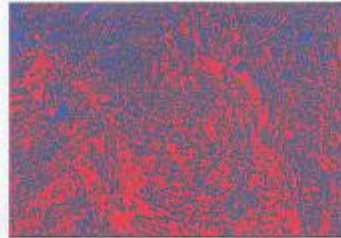
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (41.6\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.329 \% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.416(240) + 0.581(90) \\ HB &= 152.13 HB \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(152.13) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 76.07 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	04
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 °C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

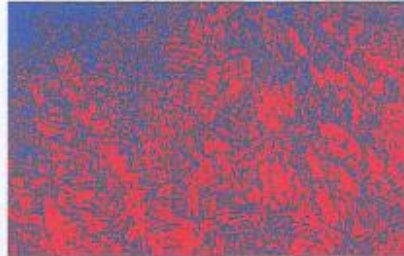
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecanico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Quimico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFIAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (43.9\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.3459 \%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.439(240) + 0.562(90)$$

$$HB = 155.94 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(155.94) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 77.97 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	05
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17,00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

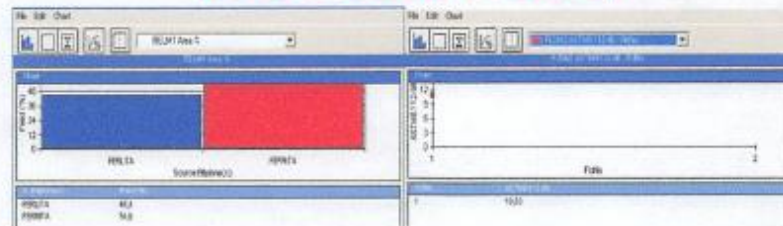
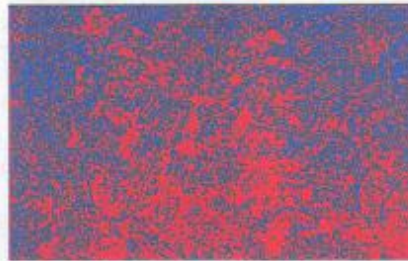
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (45.4\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.357\% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.454(240) + 0.546(90) \\ HB &= 158.1 HB \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(158.1) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 79.05 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	06
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 °C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (46.4\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.3644\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.464(240) + 0.536(90)$$

$$HB = 159.6 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(159.6) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 79.8 \text{ (kpsi)}$$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	07
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

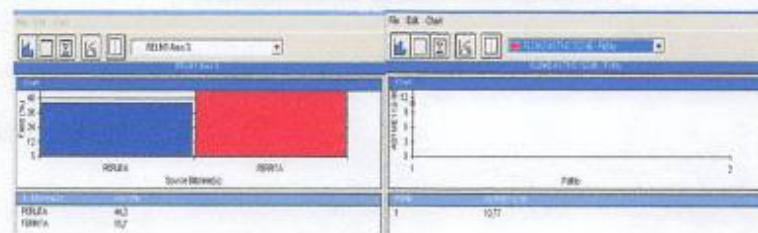
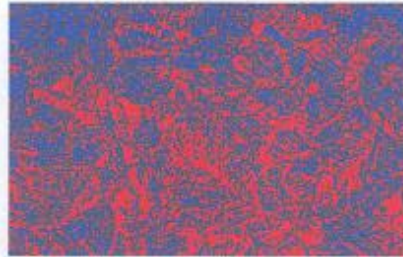
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (44.3\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.348\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.443(240) + 0.557(90)$$

$$HB = 156.45 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(156.45) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 78.225 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	08
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE HSLA 1011 GRADO 50 Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

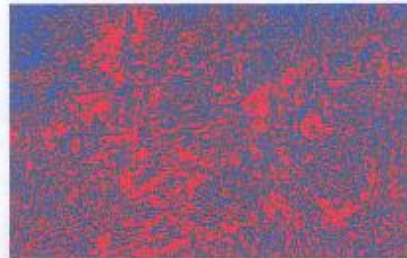
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (43\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.339\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.43(240) + 0.57(90)$$

$$HB = 154.5 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(154.5) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 77.25 \text{ (kpsi)}$$

RESUMEN DE RESULTADOS

Nº Probeta	%C	%Perlita	%Ferrita	Dureza Brinell	Resistencia a la Tracción
1	0.3755%	47.9%	52.1%	161.85 HB	80.925 ksi
2	0.3201%	40.4 %	59.6 %	150.6 HB	75.3 ksi
3	0.329%	41.6%	58.1%	152.13 HB	76.07 ksi
4	0.3459%	43.9%	56.2 %	155.94 HB	77.97 ksi
5	0.357%	45.4%	54.6%	158.1 HB	79.05 ksi
6	0.3644%	46.4%	53.6%	159.6 HB	79.8 ksi
7	0.348%	44.3 %	55.7 %	156.45 HB	78.225 ksi
8	0.339%	43%	57%	154.5 HB	77.25 ksi
PROMEDIO	0.3473%	44.11%	55.86%	156.15 HB	78.07 ksi

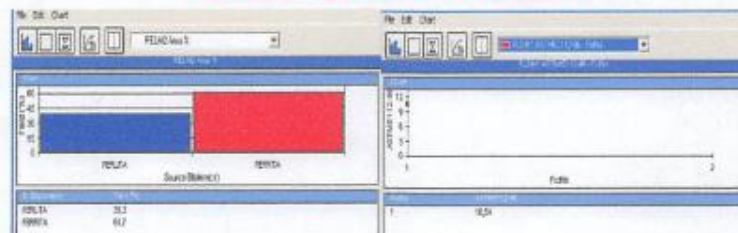
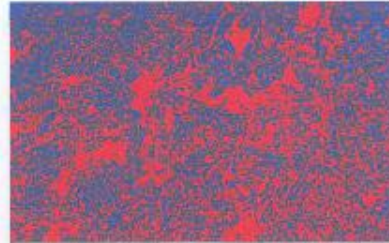
CONCLUSIÓN:

Se observa un incremento en el tamaño de grano debido a la afectación térmica en las 8 muestras de la junta ER 70S-6 y HSLA tomadas, produciendo una mayor concentración de carbono en la fase perlita, obteniendo una dureza promedio de 156.15 HB y una resistencia a la tracción promedio de 78.07 ksi (538.27 Mpa).

A9.2 Acero HSLA A1011 Gr 50

	<small>CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA</small>		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Laboratorio – Ingeniería Mecánica			
ENSAYO METALOGRAFÍA			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No: 01	
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha: 19/03/2019	
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		
PARÁMETROS			
Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca: VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores
			Luz fluorescente
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO			
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos
RESULTADOS:			
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA			
			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (39.3\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.312\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.393(240) + 0.607(90)$$

$$HB = 148.95 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(161.85) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 74.475 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	02
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

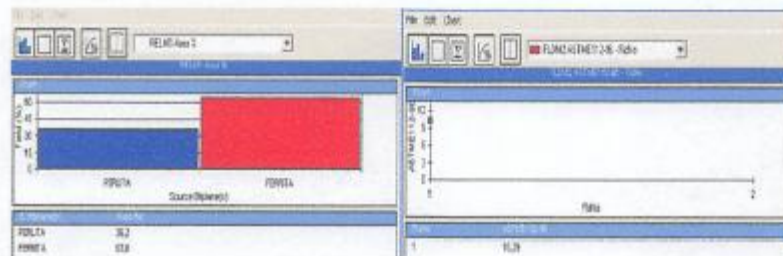
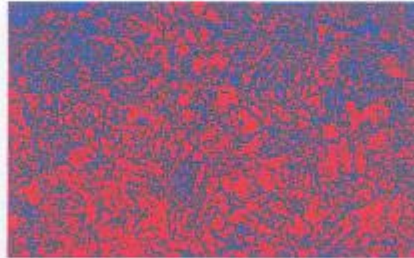
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (36.2\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.289 \%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.362(240) + 0.638(90)$$

$$HB = 144.3 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(144.3) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 72.15 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	03
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS




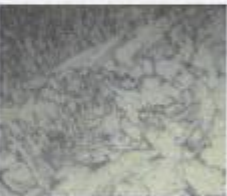
Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

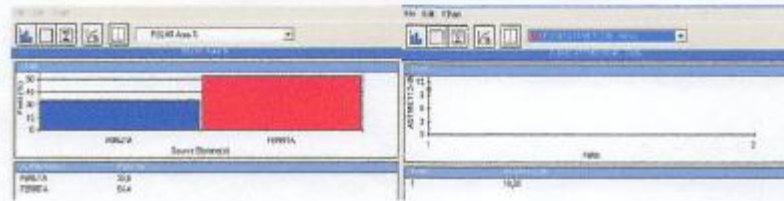
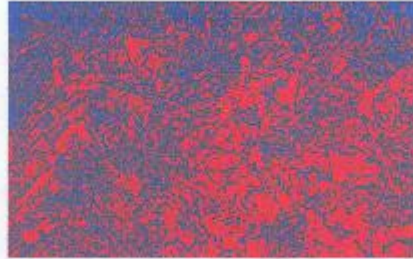
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (35.6\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.284 \% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Pearlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.356(240) + 0.644(90) \\ HB &= 143.4 HB \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(143.4) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 71.7 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	04
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

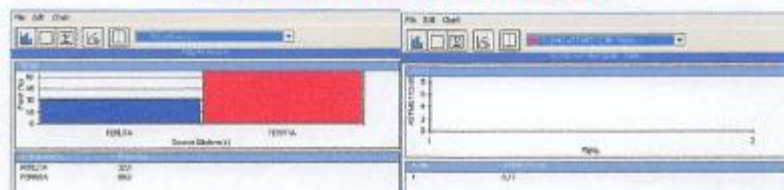
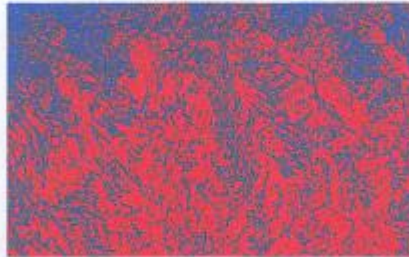
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (32\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.2581 \% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.32(240) + 0.68(90) \\ HB &= 138 \text{ HB} \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(138) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 69 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	05
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

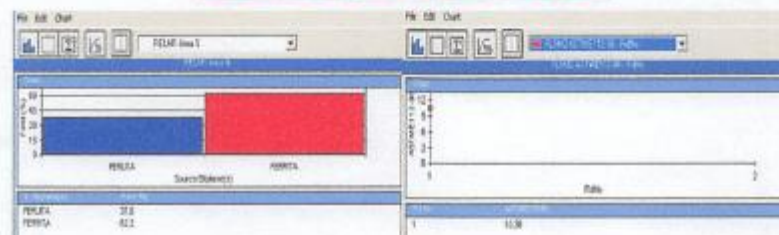
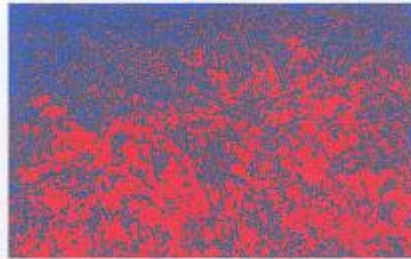
Acondicionamiento de la superficie:	Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (37.8\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.3\% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

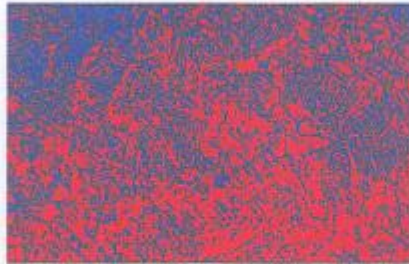
$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.378(240) + 0.622(90) \\ HB &= 146.7 \text{ HB} \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(146.7) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 73.350 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA <i>Laboratorio – Ingeniería Mecánica</i>				
ENSAYO METALOGRAFÍA				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	06	
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6			
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019	
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM			
PARÁMETROS				
Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFÍCO				
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500	
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos	
RESULTADOS:				
FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA				
				
40X	100X	200X	400X	

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (34.6\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.277\% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.346(240) + 0.654(90) \\ HB &= 141.9 \text{ HB} \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(141.9) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 70.95 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica**

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	07
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO

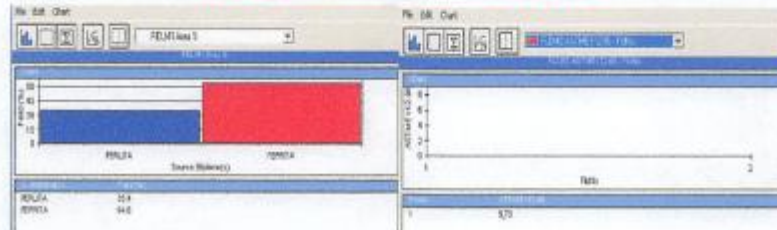
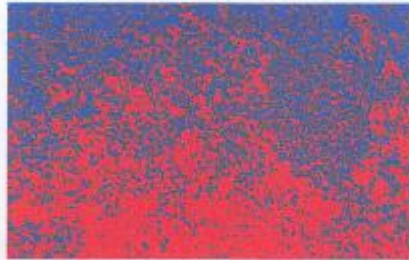
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600,1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	8 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\%C = 0.738 \%P + 0.022$$

$$\%C = 0.738 (35.4\%) + 0.022$$

$$\%C = 0.283\%$$

- Dureza Brinell

$$HB = \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita})$$

$$HB = 0.354(240) + 0.646(90)$$

$$HB = 143.1 \text{ HB}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\sigma_u = 500HB \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 500(143.1) \text{ (psi)}$$

$$\sigma_u = 71.55 \text{ (kpsi)}$$


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO METALOGRAFÍA

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo No:	08
Identificación del componente de estudio:	PROBETA DE SOLDADURA MIG BASE ACERO GALVANIZADO Y ER 70S-6		
Solicitado por:	ING. VLADIMIR POVEDA	Fecha:	19/03/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS





Equipo:	Microscopio Metalográfico	Marca:	VANGUARD	Modelo: N267521
	Temperatura Ambiente:	Magnificación:	Filtro:	Iluminación:
	17.00 ° C	40-400X	4 colores	Luz fluorescente

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO

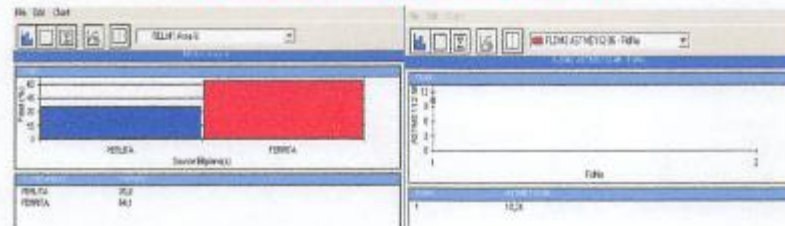
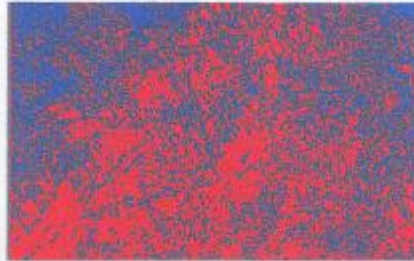
Acondicionamiento de la superficie:		Pulido Mecánico	
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Lijas: 240, 320, 400, 600, 1500
Ataque Químico de la superficie con:	Nital 2	Durante:	10 segundos

RESULTADOS:

FOTOGRAFÍAS DE LA MICROESTRUCTURA

			
40X	100X	200X	400X

- Análisis mediante Software



- Porcentaje de Carbono

$$\begin{aligned} \%C &= 0.738 \%P + 0.022 \\ \%C &= 0.738 (35.9\%) + 0.022 \\ \%C &= 0.286\% \end{aligned}$$

- Dureza Brinell

$$\begin{aligned} HB &= \%P(HB \text{ Perlita}) + \%F(HB \text{ Ferrita}) \\ HB &= 0.359(240) + 0.641(90) \\ HB &= 143.85 \text{ HB} \end{aligned}$$

- Resistencia a la Tracción

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 500HB \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 500(143.85) \text{ (psi)} \\ \sigma_u &= 71.92 \text{ (kpsi)} \end{aligned}$$

RESUMEN DE RESULTADOS

N° Probeta	%C	%Perlita	%Ferrita	Dureza Brinell	Resistencia a la Tracción
1	0.312%	39.3%	60.7 %	148.95 HB	74.475 ksi
2	0.289%	36.2 %	63.8 %	144.3 HB	72.15 ksi
3	0.284%	35.6 %	64.4 %	143.4 HB	71.7 ksi
4	0.258%	32 %	68 %	138 HB	69 ksi
5	0.3%	37.8 %	62.2 %	146.7 HB	73.35 ksi
6	0.227%	34.6 %	65.4 %	141.9 HB	70.95 ksi
7	0.283%	35.4 %	64.6 %	143.1 HB	71.55 ksi
8	0.286%	35.9 %	64.1 %	143.85 HB	71.92 ksi
PROMEDIO	0.277 %	35.85 %	64.15 %	143.77 HB	71.88 ksi

CONCLUSIÓN:

Se observa un incremento en el tamaño de grano debido a la afectación térmica en las 8 muestras tomadas para la junta ER 70S-6 y acero galvanizado, produciendo una mayor concentración de carbono en la fase perlita, obteniendo una dureza promedio de 143.77 HB y una resistencia a la tracción promedio de 71.88 ksi (495,595 MPa).



Ego. Gustavo Pomaquero
TÉCNICO LABORATORISTA




Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO



Ing. Jorge Cevallos
COORDINADOR DE CTT

A10 Informes de ensayos de Dureza y Microdureza



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180400441220190325-EDB	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Welligton Valdimir Poveda Almeida.	
Dirección: Benalcázar y Orellana. Cdla. La Vicentina, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804004412	Teléfono: 0986280518
E-mail: vladipoveda@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico (HSLA A1011 Grado 50 y Galvanizado ASTM A500 C) con proceso de soldadura.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a Ensayar
1	180400441220190325-EDB 01	HSLA A1011 Grado 50	8
2	180400441220190325-EDB 02	Galvanizado ASTM A500 C	8
Total			16

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE PROBETA	Código	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180400441220190325-EDB 01-1	HSLD1.1	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
2	180400441220190325-EDB 01-2	HSLD1	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
3	180400441220190325-EDB 01-3	HSLD2.2	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
4	180400441220190325-EDB 01-4	HSLD2	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
5	180400441220190325-EDB 01-5	HSLD3.3	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
6	180400441220190325-EDB 01-6	HSLD3	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
7	180400441220190325-EDB 01-7	HSLD4.4	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
8	180400441220190325-EDB 01-8	HSLD4	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
9	180400441220190325-EDB 02-1	GD1.1	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
10	180400441220190325-EDB 02-2	GD1	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
11	180400441220190325-EDB 02-3	GD2.2	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
12	180400441220190325-EDB 02-4	GD2	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
13	180400441220190325-EDB 02-5	GD3.3	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
14	180400441220190325-EDB 02-6	GD3	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
15	180400441220190325-EDB 02-7	GD4.4	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25
16	180400441220190325-EDB 02-8	GD4	Cumple con criterios dimensionales	2019/03/25

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Estebán López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Código: RG-AM-008
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Página 2 de 2



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL
INFORME DE RESULTADOS N°: 180400441220190325-EDB

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_008
Empresa / Cliente: Ing. Wellington Vladimir Poveda Almeida.
RUC/C.I.: 1804004412 **Ciudad:** Ambato
Dirección: Cda. La Vicentina, Benalcazar y Orellana.
E-mail: vladipoveda@gmail.com **Teléfono:** 0986280518




DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell-
 Parte 1: Método de ensayo.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Equipo utilizado: Durómetro ERNST **Modelo** NR3 DR **Serie:** 4651
Tiempo de duración de la fuerza: 10 s
Ultima verificación de máquina: RG-AM-003.
Patrón utilizado: PR3 AlMgSiO-10mm, 95,4 HB/30±5
Verificación de la máquina por medio de patrón: 95,0 HB/30 (Conforme).
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/03/27 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/03/27
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *material metálico con distintos procesos de soldadura*. La recepción de las probetas de ensayo se efectuó en el Laboratorio de análisis metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del HGPT.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a Ensayar
1	180400441220190325-EDB 01	HSLA A1011 Grado 50	8
2	180400441220190325-EDB 02	Galvanizado ASTM A500 C	8
Total			16

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Escribán López Espinel MENG Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Fecha de emisión de Informe: Ambato, 10 de abril de 2019
N°. Factura: 001-002-000006787

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL			PROMEDIO
				Medición ZF 1	Medición ZF 2	Medición ZF 3	
9	180400441220190325-EDB 02-1			108	105	106	106,33
10	180400441220190325-EDB 02-2			124	126	128	126,00
11	180400441220190325-EDB 02-3			161	162	160	161,00
12	180400441220190325-EDB 02-4	25,1	52,1	129	127	130	128,67
13	180400441220190325-EDB 02-5			130	133	132	131,67
14	180400441220190325-EDB 02-6			143	138	141	140,67
15	180400441220190325-EDB 02-7			111	106	115	110,67
16	180400441220190325-EDB 02-8			137	135	137	136,33
				Promedio \bar{X}			130,17
				Desviación estándar S_{n-1}			17,19
				Coeficiente de variación CV			13,21



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carracero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL			PROMEDIO
				Medición ZF 1	Medición ZF 2	Medición ZF 3	
1	180400441220190325-ED/B 01-1	24,8	52,4	143	140	144	142,33
2	180400441220190325-ED/B 01-2			151	153	149	151,00
3	180400441220190325-ED/B 01-3			141	140	144	141,67
4	180400441220190325-ED/B 01-4			142	141	140	141,00
5	180400441220190325-ED/B 01-5			147	152	151	150,00
6	180400441220190325-ED/B 01-6			147	150	148	148,33
7	180400441220190325-ED/B 01-7			159	161	168	162,67
8	180400441220190325-ED/B 01-8			139	145	145	143,00
				Promedio \bar{X}			147,50
				Desviación estándar S_{n-1}			7,29
				Coeficiente de variación CV			4,95

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 2 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180400441220190325-EDB
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Ing. Wellington Vladimir Poveda Almeida.
Dirección: Benalcázar y Orellana, C.dla. La Vicentina, Ambato.
Núm. de cédula / RUC: 1804004412
E-mail: vladipoveda@gmail.com
Teléfono: 0986280518

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material:
Material metálico (HSLA A1011 Grado 50 y Galvanizado ASTM A500 C) con proceso de soldadura.
Método de ensayo:
NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180400441220190325-EDB 01-1	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Su entrega al cliente	
2	180400441220190325-EDB 01-2	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Su entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	180400441220190325-EDB 01-3	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180400441220190325-EDB 01-4	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180400441220190325-EDB 01-5	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
6	180400441220190325-EDB 01-6	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180400441220190325-EDB 01-7	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180400441220190325-EDB 01-8	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisor: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carracero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
9	180400441220190325-EIDB 02-1	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180400441220190325-EIDB 02-2	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180400441220190325-EIDB 02-3	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180400441220190325-EIDB 02-4	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180400441220190325-EIDB 02-5	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180400441220190325-EIDB 02-6	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

15	180400441220190325-EDB 02-7	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180400441220190325-EDB 02-8	2019/03/25	2019/04/05	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras del grupo por acuerdo, son entregadas al cliente, El CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Area de Ensayos/e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC	
		
Cliente		



Código: BC-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

A11 Informes de ensayos de Tracción

A11.1 Acero HSLA A1011 Gr 50



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS**

INFORME DE RESULTADOS N°:17216850-ETM

DATOS GENERALES			
Usuario: 1804004412			
RUC/CI: Wellington Vladimir Poveda Almeida			
Dirección: Ambato			
Teléfono: 0986280518			
DATOS DEL ENSAYO			
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales			
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6892-1 Materiales metálicos – Ensayo de tracción.			
Parte 1: Método de Ensayo a temperatura ambiente			
Tipo de ensayo: Cuantitativo			
Tipo de probeta: Plana		Longitud calibrada: 30 mm	
Equipo Utilizado: Máquina de ensayos universal TestResources 50 KN			
Modelo: 300 FRAME		Serie: 1608018-01F	
Velocidad de ensayo: 10 mm/min		Precarga: 50N	
Designación del material: HSLA grado ASTM A1011 Gr.50			
Fecha de inicio de ensayo: 20-03-2019		Fecha de finalización de ensayo: 20-03-2019	
OBJETOS DE ENSAYO			
Numero de probetas identificadas			
N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a ensayar
1	17216850-ETM	HSLA A1011	8
Total			8
<p>Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.</p>			

Elaborado Por:		Aprobado por:
Ing. Augusto Coque M.Sc.	Ing. Esteban Ramirez	Ing. Xavier Vaca M.Sc.
Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales	Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales	Director Técnico Laboratorio de Resistencia de Materiales



ASTM A500 Grado C												
IDENTIFICACIÓN	Dimensiones (mm)		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a tracción (Mpa)	Limite fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (Mpa)	% Elongación (Calculado)	
	Ancho	Espesor										
G 1a	6,0	1,8	40,0	47,6	4909	3767	3606	454,5	348,8	333,9	19,1	
G 2a	5,9	1,8	40,0	47,3	4518	3422	3591	425,4	322,2	338,1	18,3	
G 3a	5,9	1,8	41,1	49,2	4752	3450	3879	451,3	327,6	368,4	19,7	
G 4a	5,8	1,8	40,9	48,8	4585	3362	3376	437,7	320,9	322,3	19,3	
G 5a	5,8	1,8	41,2	48,3	4621	3428	3874	442,6	328,4	371,1	17,2	
G 6a	5,8	1,8	41,3	48,5	4556	3364	4678	436,4	322,2	448,1	17,4	
G 7b	5,7	1,8	41,5	48,9	4407	3307	3964	429,5	322,3	386,4	17,8	
G 8b	5,5	1,9	40,9	48,8	4585	3402	3262	448,2	332,6	318,9	19,3	
Promedio				Promedio	4616,5	3437,7	3779,0	440,70	328,13	360,90	18,52	
Desviación estándar Sn-1				Desviación estándar Sn-1	152,7	140,7	440,2	10,35	9,29	42,96	0,95	
Coefficiente de variación				Coefficiente de variación	0,033	0,041	0,116	0,023	0,028	0,119	0,052	



A11.2 Acero ASTM A500 Gr C



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°:17216849-ETM

DATOS GENERALES			
Usuario: 1804004412 RUC/CI: Wellington Vladimir Poveda Almeida Dirección: Ambato Teléfono: 0986280518			
DATOS DEL ENSAYO			
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de resistencia de materiales			
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6892-1 Materiales metálicos – Ensayo de tracción.			
Parte 1: Método de Ensayo a temperatura ambiente			
Tipo de ensayo: Cuantitativo			
Tipo de probeta: Plana		Longitud calibrada: 30 mm	
Equipo Utilizado: Máquina de ensayos universal TestResources 50 KN			
Modelo: 300 FRAME		Serie: 1608018-01F	
Velocidad de ensayo: 10 mm/min		Precarga: 50N	
Designación del material: Galvanizado A500 grado A			
Fecha de inicio de ensayo: 20-03-2019		Fecha de finalización de ensayo: 20-03-2019	
OBJETOS DE ENSAYO			
Numero de probetas identificadas			
N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a ensayar
1	17216849-ETM	Galvanizado A500	9
		Total	9
Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.			

Elaborado Por:	Aprobado por:	
Ing. Augusto Coque M.Sc.	Ing. Esteban Ramirez	Ing. Xavier Vaca M.Sc.
Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales	Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales	Director Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales



ASTM HSLA A1011 Gr 50												
IDENTIFICACIÓN	Dimensiones (mm)		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a tracción (Mpa)	Limite fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)	
	Ancho	Espesor										
HSL 1	5,9	2,0	41,1	48,1	5235	3750	3452	447,4	320,5	295,0	17,0	
HSL 2	5,2	2,0	41,4	48,4	4738	3308	3744	455,6	318,1	360,0	16,9	
HSL 3	5,4	2,1	41,2	47,8	5514	3477	3887	490,9	309,6	346,1	16,1	
HSL 4	5,9	2,1	40,4	47,9	5756	4040	4291	464,6	326,1	346,3	18,7	
HSL 5	5,2	2,1	40,5	47,0	5377	3833	3668	492,4	351,0	335,9	16,0	
HSL 6	5,1	2,1	41,2	49,1	5099	3460	3790	480,7	326,2	357,3	19,2	
HSL 7	5,9	1,9	41,4	48,7	5149	3381	3898	470,7	309,1	356,3	17,6	
HSL 8	5,7	1,9	40,2	47,1	4835	3040	3594	458,5	288,3	340,8	17,2	
Promedio			Promedio		5212,9	3536,3	3790,41	470,10	318,61	342,21	17,35	
Desviación estándar Sn-1			Desviación estándar Sn-1		337,7	320,5	251,24	16,62	17,96	20,86	1,12	
Coeficiente de variación			Coeficiente de variación		0,065	0,091	0,066	0,035	0,056	0,061	0,065	



A12. Informes de ensayos de Impacto

A12.1 Acero HSLA A1011 Gr 50

CERTIFICATE OF INSPECTION

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS**

INFORME DE RESULTADOS N°:17216888-ETM

DATOS GENERALES			
Usuario: 1804004412			
RUC/CI: Wellington Vladimir Poveda Almeida			
Dirección: Ambato			
Teléfono: 0986280518			
DATOS DEL ENSAYO			
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de resistencia de materiales			
Método de ensayo: Ensayo de Tenacidad a la fractura			
Parte 1: Método de Ensayo a temperatura ambiente			
Tipo de ensayo: Cuantitativo			
Tipo de probeta: Plana		Energía calibrada: 15.47 Kgm	
Peso del martillo: 22 kg		Distancia al centro: 823 mm	
Equipo Utilizado: Máquina Charpy		Altura total de caída: 1595 mm	
Modelo: Maglio		Serie: N203	
Designación del material: HCLA-A1011			
Fecha de inicio de ensayo: 17-07-2019		Fecha de finalización de ensayo: 17-07-2019	
OBJETOS DE ENSAYO			
Numero de probetas identificadas			
N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a ensayar
1	HCH	HCLA-A1011	8
		Total	8
Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.			


Elaborado Por:
Ing. Esteban Ramirez
Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales


Aprobado por
Ing. Augusto Coque M.Sc.
Director Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales



1/2

CERTIFICATE OF INSPECTION

RESULTADOS:

PROBETA	HCLA-A1011				
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Energía en vacío (Kgm)	Energía ensayo (Kgm)
HCH-1	55.1	9.9	2.1	15.47	13.9
HCH-2	55	10	2.1	15.47	13.9
HCH-3	55	10.1	2	15.47	13.8
HCH-4	54.9	10	1.9	15.47	13.8
HCH-5	55.1	10	2	15.47	13.6
HCH-6	55	10.1	1.9	15.47	13.9
HCH-7	54.9	9.9	2.1	15.47	13.9
HCH-8	55.1	9.9	1.9	15.47	13.8
PROMEDIO					13,82



ANEXOS:



A12.2 Acero ASTM A500 Gr C

CERTIFICATE OF INSPECTION

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°:17216887-ETM

DATOS GENERALES			
Usuario: 1804004412			
RUC/CI: Wellington Vladimir Poveda Almeida			
Dirección: Ambato			
Teléfono: 0986280518			
DATOS DEL ENSAYO			
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de resistencia de materiales			
Método de ensayo: Ensayo de Tenacidad a la fractura			
Parte 1: Método de Ensayo a temperatura ambiente			
Tipo de ensayo: Cuantitativo			
Tipo de probeta: Plana		Energía calibrada: 15.47 Kgm	
Peso del martillo: 22 kg		Distancia al centro: 823 mm	
Equipo Utilizado: Máquina Charpy		Altura total de caída: 1595 mm	
Modelo: Maglio		Serie: N203	
Designación del material: Galvanizado A500 grado A			
Fecha de inicio de ensayo: 17-07-2019		Fecha de finalización de ensayo: 17-07-2019	
OBJETOS DE ENSAYO			
Numero de probetas identificadas			
N°	Identificación del grupo	Material Base	Probetas a ensayar
1	GHC	Galvanizado A500	8
Total			8
Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.			


Elaborado Por:
Ing. Esteban Ramirez
Analista Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales


Aprobado por
Ing. Augusto Coque M.Sc.
Director Técnico Laboratorio de Resistencia de materiales



1/2

CERTIFICATE OF INSPECTION

RESULTADOS:

PROBETA	Galvanizado A500				
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Energía en vacío (Kgm)	Energía ensayo (Kgm)
GHC-1	55	10	2	15.47	14.5
GHC-2	55.1	9.9	2	15.47	14.4
GHC-3	55	10	2.1	15.47	14.4
GHC-4	54.95	10	1.9	15.47	14.6
GHC-5	55	10.1	2	15.47	14.5
GHC-6	55.1	9.9	1.9	15.47	14.5
GHC-7	55	10	2	15.47	14.4
GHC-8	55	10	2	15.47	14.6
			PROMEDIO		14,48



ANEXOS:

