

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación De Autopartes De Vehículos

Ensayos Mecánicos Aplicados a Uniones Soldadas mediante suelda (SMAW; GMAW (MIG)) de Autobuses de acuerdo a las normativas ISO de soldeo.

Nota del Autor

Marcelo González, Maestría en Diseño Mecánico, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Paolo Salazar, M.Sc,

Codirector: Ing. Esteban Lopez.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

mgonzalez.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Marcelo Rafael González Gálvez, con cédula de identidad 1718098948, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente. El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico y a la Línea de investigación de eficiencia, impacto Ambiental e Innovación en la industria a fin a la facultad de arquitectura e ingeniería.

A handwritten signature in blue ink, reading "Marcelo González G", with a stylized flourish underneath.

Marcelo Rafael González Gálvez

CI: 1718098948

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Resumen	13
Abstract	14
Introducción	15
Antecedentes	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Justificación	16
Estado del Arte	17
Tipos De Cargas	18
Cargas Muertas Presentes En El Sistema	18
Cargas Activas Presentes En El Sistema	19
Capacidades Y Evidencias	19
Tipos De Soldadura Y De Uniones Por Arco Eléctrico.	27
Tipos de Soldadura	27
Tipos De Juntas	29
Variables Principales Del Proceso MIG y Del Proceso SMAW	31
Corriente De Soldadura	31
Voltaje En El Arco	32

Ensayos Mecánicos Aplicados a Juntas Soldadas siguiendo las normativas ISO de soldeo.	4
Velocidad De Soldadura	32
Protección en el Arco Eléctrico	33
Suelda MIG	34
Con Protección De Dióxido De Carbono	34
Ventajas	34
Gas Que Será Utilizado En La Soldadura (Bióxido De Carbono)	34
Proceso de Soldadura MIG	35
Ventajas Que Se Obtiene Del Proceso Por Soldadura MIG (GMAW)	36
Ensayos Mecánicos	37
Ensayo De Inspección Visual	37
Ensayo De Tintas Penetrantes	38
Ensayo De Tracción	39
Propiedades Obtenidas Resultado Del Ensayo De Tensión	40
Resistencia De Cedencia	40
Resistencia A La Tensión	41
Ensayo De Doblado o Flexión	42
Método	43
Normas ISO usadas en el estudio.	49
Norma ISO 5817 Inspección Visual de las Juntas Soldadas Sujetas a Estudio	49
Norma ISO 3452 Para Tintas Penetrantes	52

Ensayos Mecánicos Aplicados a Juntas Soldadas siguiendo las normativas ISO de soldeo.	5
Dimensiones De Las Probetas Que Serán Utilizadas.....	56
Norma ISO 6892-1 Ensayo de Tracción A Temperatura Ambiente.	57
Tipos de probetas.....	60
Norma ISO 5173 2010 incluyendo el anexo A1 2011.	62
Criterios de aceptación para el ensayo de doblado siguiendo la norma ISO 5173	67
Norma ISO 6892 PARTE 1 Utilizada Para El Ensayo De Tracción.	68
Norma ISO 6506-1 Ensayos Destructivos Para Materiales Metálicos, Parte 1 Prueba De Dureza De Uniones Soldadas.	71
Norma ISO 9015 – 2 Ensayos Destructivos Para Materiales Metálicos, Parte 2 Prueba De Macroestructura De Uniones Soldadas.....	73
Ensayo Metalográfico.....	73
El Criterio de Aceptación para el ensayo metalográfico según la norma ISO 9015–2	74
Resultados.....	79
Presentación De Resultados De Pruebas.....	79
Inspección Visual De Las Placas Base.....	79
Inspección Por Tintas Penetrantes De Las Placas Base.....	81
Ensayo de tracción y finalización de la probeta extraída.....	84
Probetas con proceso SMAW electrodo E6011.....	84
Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), electrodo ER70 S-6.....	86
Ensayo De Dureza De Las Probetas Extraídas.....	89
Probetas con proceso SMAW electrodo E6011 (Ensayo de dureza Brinell).....	90

Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), electrodo ER70 S-6 (Ensayo de dureza Brinell). ...	91
Ensayo De Macro Estructura En Las Probetas Extraídas.	93
Probetas con proceso SMAW Electrodo E6011 (Ensayo de macro estructura).	94
Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), Electrodo ER70 S-6 (Ensayo de macro estructura).	95
Ensayo De Flexión o Doblado En Las Probetas Extraídas.	97
Probetas con proceso SMAW Electrodo E6011 (Ensayo de Flexión a 180°).	97
Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), Electrodo ER70 S-6 (Ensayo de Flexión a 180°) ...	99
Discusión de Resultados	101
Presentación de Resultados	101
Electrodos Utilizados, Amperajes Y Velocidad De Soldeo.	101
Ensayo De inspección visual.	102
Ensayo De Tintas Penetrantes.	103
Ensayo De Tracción Realizado A Las Probetas Extraídas.	104
Probetas Con Proceso SMAW, Electrodo E6011, Probetas Con Proceso GMAG (MI/MAG), Electrodo ER 70S-6, Material Base ASTM A-36.	105
Ensayo De Dureza Realizado A Las Probetas Extraídas.	107
Ensayo De Macrografía Realizado A Las Probetas Extraídas.	110
Ensayo De Flexión Realizado A Las Probetas Extraídas.	111
Conclusiones	114
Bibliografía	116

Índice de Tablas

Tabla 1 Capacidades Y Evidencias Para El Desarrollo De Una	20
Tabla 2 Pasos Relacionados Con La Para La Verificación Del Proceso De Juntas Soldadas En La Estructura De Un Bus (Marco Andrés Orozco Salced, Juan Carlos Velásquez Benalcázar , 2005).....	23
Tabla 3. Elección De La Corriente Eléctrica Para Soldadura (Gaxiola, 2010).....	36
Tabla 4. Matriz De Variables Y Resultados Que Se Espera De La Investigación.....	46
Tabla 5. Criterios De Aceptación De La Inspección Visual según Norma ISO5817.....	50
Tabla 6. Símbolos Y Designaciones Que Serán Utilizados Según Norma ISO-6892, Para Dimensiones De Probetas Tipo 2.	57
Tabla 7. Tipo De Sección Transversal Deseada.	60
Tabla 8 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Para El Ensayo De Tracción.....	61
Tabla 9. Símbolos Y Designaciones Que Utiliza La Norma ISO 5173 Del 2010 Anexo A1 2011 Para Ensayo De Doblado.....	63
Tabla 10. Simbología Y Designación Para El Ensayo De Tracción.....	70
Tabla 11. Límites Elásticos Y De Resistencia Para La Prueba De Tracción.....	71
Tabla 12 Diámetros de esferas y Fuerzas necesarias para la prueba de dureza.	72
Tabla 13. Cantidad De Probetas Extraídas De La Placa Base Y Ensayo A Las Que Serán Sometidas.	78
Tabla 14. Tabla de comparación por inspección visual de procesos SMAW y GTAW (MIG) Norma ISO 5817.....	80
Tabla 15. Tabla de comparación por inspección de tintas penetrantes de procesos SMAW y GTAW (MIG/MAG)	83
Tabla 16. Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.....	85

Tabla 17. <i>Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.</i>	87
Tabla 18. <i>Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.</i>	90
Tabla 19. <i>Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36</i>	92
Tabla 20 <i>Datos Y Dimensiones De Las Probetas Para El Ensayo De Doblado.</i>	97
Tabla 21 <i>Datos Y Dimensiones De Las Probetas Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Para El Ensayo De Doblado.</i>	98
Tabla 22 <i>Datos Y Dimensiones De Las Probetas bajo proceso GMAW (MIG/MAG) con Electrodo ER70 S-6 Para El Ensayo De Doblado.</i>	99
Tabla 23. <i>Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.</i>	105
Tabla 24. <i>Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.</i>	105
Tabla 25. <i>Tabla De comparación de Valores De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, proceso SMAW Electrodo E6011 y valores que dicta la norma, sometidas al ensayo de tracción El Material Base ASTM A36.</i>	106
Tabla 26. <i>Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.</i>	108
Tabla 27. <i>Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36</i>	108
Tabla 28. <i>Tabla De comparación de Valores De Dureza BRINELL Para Las Probetas En Material Base ASTM A36, Realizados en Condiciones de Laboratorio.</i>	109

<i>Tabla 29 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Para El Ensayo De Doblado.</i>	111
<i>Tabla 30 Datos Y Dimensiones De Las Probetas bajo proceso GMAW (MIG/MAG) con Electrodo ER70 S-6 Para El Ensayo De Doblado.</i>	112
<i>Tabla 31 Comparación De Resultados Del Ensayo De Doblado En Las Probetas</i>	113
Índice de Figuras	
Figura 1. Esquema de soldadura tipo MIG (Perez Garcia, 2016).	21
Figura 2. Esquema explicativo de las diferentes posiciones de soldadura fuente catalogo Indura (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).	25
Figura 3. a) Esquema explicativo de una junta a tope ángulo de la plancha y ángulo del electrodo SMAW, b) esquema de junta a tope en proceso GMAW (MIG). (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).	26
Figura 4. Soldadura de Ranura en Corte Transversal (Horwittz, 2002).	28
Figura 5. Juntas a tope en bordes rectos (Aular, 2009).....	29
Figura 6. Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica (Aular, 2009).....	30
Figura 7. Equipos para soldadura MIG-MAG (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).	33
Figura 8. Soldadura MIG-MAG (Aular, 2009).	35
Figura 9. Galgas Para Medición De Sobremona, Inspección Visual (Aular, 2009).....	37
Figura 10. Esquema De Uso Del Kit De Líquidos Penetrantes (Aular, 2009).....	38
Figura 11. ENSAYO DE TRACCION (Askeland, 2010).	39
Figura 12. ENSAYO DE FLEXION (Askeland, 2010).....	42
Figura 13. Perfiles De Soldadura Aceptables E Inaceptables (Askeland, 2010).	52
Figura 14. Tintas Penetrantes Utilizadas En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.	53

Ensayos Mecánicos Aplicados a Juntas Soldadas siguiendo las normativas ISO de soldeo.	10
Figura 15. <i>Tintas Penetrantes Líquido Limpiador Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.</i>	54
Figura 16. <i>Tintas Penetrantes Líquido Penetrante Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.</i>	55
Figura 17. <i>Tintas Penetrantes Líquido Revelador Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.</i>	55
Figura 18. <i>Tintas Penetrantes PACK Utilizado, Resultado De Las Tintas Penetrantes En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.</i>	56
Figura 19. <i>Dimensiones y forma necesaria para la obtención de los especímenes necesarios para e ensayo de tracción.</i>	61
Figura 20. <i>Dimensiones y forma necesaria para la obtención de los especímenes necesarios para e ensayo de Tracción.</i>	62
Figura 21. <i>Extracción De Los Especímenes Según La Norma Donde Lt Es Longitud Total, B Es El Ancho De La Probeta, T Es El Espesor Del Material Base Y Ts Es El Espesor De La Muestra De Ensayo (Para Espesores Menores A 8mm T=Ts).</i>	64
Figura 22. <i>Radios Y Espesores Mínimos Para El Ensayo De Doblado En Chapa Metálica.</i>	65
Figura 23. <i>Cara Transversal Antes Del Ensayo Diámetro Y Espesor Mínimo.</i>	66
Figura 24. <i>Cara Transversal Después Del Ensayo De Doblado Diámetro Y Espesor Mínimo.</i>	67
Figura 25. <i>Esquema De Ensayo De Tracción Para Especímenes De Sección Reducida (Askeland, 2010)</i>	68
Figura 26 <i>Esquema De la muesca realizada por la esfera en el material a ser analizado.</i>	73
Figura 27. <i>Esquema Del Grano Metalográfico Del Cordón De Soldadura La Parte Del Material Fundido Y Cambiado Micro Estructuralmente Y El Material Base.</i>	75
Figura 28. <i>Esquema De Corte Para La Obtención De Las Probetas.</i>	77
Figura 29. <i>Kit De Tintas Penetrantes De Origen Alemán</i>	81

Ensayos Mecánicos Aplicados a Juntas Soldadas siguiendo las normativas ISO de soldeo.	11
Figura 30. Placa base con proceso GMAW Material ASTM A-36.....	82
Figura 31. Diagrama De Carga Para Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011 Material Base ASTM A36.....	85
Figura 32. Diagrama De Fuerza Para Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.....	86
Figura 33. Diagrama De Carga Para Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.	87
Figura 34. Diagrama De Fuerza Para Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.....	88
Figura 35. a) Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, b) Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.	89
Figura 36. Especímenes Con Proceso SMAW electrodo E6011, Material Base ASTM A36, Prueba de Dureza BRINELL.	91
Figura 37. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 arriba, Material Base ASTM A36, Prueba de Dureza BRINELL.	93
Figura 38. Especímenes Con Proceso SMAW electrodo E6011, Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.	94
Figura 39. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 , Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura imperfecciones.	95
Figura 40. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 , Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.	96
Figura 41. Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.	98
Figura 42. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.	100

Ensayos Mecánicos Aplicados a Juntas Soldadas siguiendo las normativas ISO de soldeo. 12

Figura 43. a) Placa base con proceso SMAW, b) Placa base con proceso GMAW. 103

Figura 43. a) Placa base con proceso SMAW, b) Placa base con proceso GMAW. 104

Figura 45. a) Placa base con proceso GMAW, b) Placa base con proceso SMAW. 111

Resumen

El proceso de soldadura que ha sido utilizado durante muchos años en el ensamblaje de las estructuras de las carrocerías de los autobuses interprovinciales es de manufactura artesanal y en el mejor de los casos es de manufactura técnica con los elementos apropiados, el presente trabajo se enfocará en dar una pauta de como deberá ser el proceso correcto, al utilizar SMAW y GMAW sobre un acero ASTM A36, de tal manera que se podrá realizar un control de calidad utilizando un WPS y PQR del proceso que siguen las metalmecánicas carroceras.

Sabiendo que se usa el proceso MIG al momento de ensamblar las estructuras, se pretende saber si se está realizando las juntas soldadas de la forma debida, si se está utilizando el material base adecuado, así como también el material de aporte que utilizara la máquina, si el técnico soldador está calificado para realizar el trabajo que se le está solicitando, y si la maquinaria utilizada en la empresa cuenta con las características técnicas necesarias para el requerimiento de tener una junta soldada que reúna las propiedades mecánicas que se busca, teniendo en cuenta que el foco de temperatura del proceso GMAW es menor debido al gas inerte empleado (CO_2) y que el espesor de los perfiles es de 3 mm el área afectada térmicamente será menor que la que se tendría en un proceso SMAW y por tanto se puede asegurar q para que la estructura de la carrocería de un autobús sea segura para su uso en la carreteras del país.

Palabras claves:

Transporte Público

Control de calidad

Metalurgia.

Abstract

The welding process that has been used for many years in the assembly of the structures of the bodies of the interprovincial buses is of handcrafted manufacture and in the best of cases it is of technical manufacture with the appropriate elements, the present work will focus on give a guideline of how the correct process should be, when using SMAW and GMAW on an ASTM A36 steel, in such a way that a quality control can be carried out using a WPS and PQR of the process followed by the metalworking bodies.

Knowing that the MIG process is used when assembling the structures, it is intended to know if the welded joints are being made in the proper way, if the appropriate base material is being used, as well as the filler material used by the machine, if the welding technician is qualified to perform the work that is being requested, and if the machinery used in the company has the technical characteristics necessary for the requirement to have a welded joint that meets the mechanical properties sought, taking into account that the temperature focus of the GMAW process is lower due to the inert gas used (CO₂) and that the thickness of the profiles is 3 mm the thermally affected area will be lower than what would be in an SMAW process and therefore can be assured q for the structure of a bus body to be safe for use on the roads of the country.

Keywords:

Public transport

QA

Metallurgy.

Introducción

Antecedentes

En el país no se ha dado el realce debido al estudio de las juntas soldadas en las estructuras de los autobuses, por ende, no se sabe si las estructuras soportaran las cargas cuando haya un impacto y de esa manera saber si dichas estructuras son seguras para el uso en las carreteras del país.

Objetivo General

- Evaluar el uso de la normativa existente en la manufactura de carrocerías de bus usando un proceso siguiendo las normas ISO de soldeo para comparar el proceso SMAW y el proceso GMAW (MIG) de las juntas soldadas en estructura frontal de un bus.

Objetivos Específicos

- Realizar probetas normadas de dichas juntas soldadas utilizando el material ASTM A36, manejando las normas ISO de soldeo, para realizar los ensayos destructivos y no destructivos.
- Seleccionar que ensayos mecánicos destructivos y no destructivos según las normativas ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6892, ISO 6506-1, ISO 9015-2, las cuales dejaran claro, que se deben realizar sobre las probetas obtenidas.
- Elegir los ensayos no destructivos que se adecuen a las normativas ISO: ISO 5817, ISO 3452, usadas en el estudio, para afirmar que el proceso GMAW (MIG) es el más apropiado para este tipo de juntas soldadas.

- Ejecutar los ensayos destructivos que se adapten a las normativas ISO: ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6892, ISO 6506-1, ISO 9015-2, empleadas en el estudio, para afirmar que el proceso GMAW (MIG) es el más apropiado para este tipo de juntas soldadas.

Justificación

El Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H. Gobierno Provincial Tungurahua se ha planteado la necesidad de saber si el proceso que están siguiendo las metalmecánicas carroceras, que manufacturan las carrocerías de los autobuses, es el correcto.

Si se utiliza el proceso SMAW o el proceso GMAW (MIG/MAG) se investigara cual proceso es el más efectivo para este tipo de juntas soldadas que forman partes de la estructura frontal del autobús, las mismas que deberán tener la resistencia adecuada para soportar las fuerzas que actuarían sobre dicha estructura, (Espinel, 2018).

La presente investigación se enfocará en las juntas soldadas típicas que conforman parte de la estructura de un autobús interprovincial, las cuales tienen que seguir los parámetros que se encuentran en la norma **INEN 1323** (Vehículos Automotores Carrocerías De Buses Requisitos), (1323INEN, VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS., 2009), para ello se realizarán las diferentes probetas de dichas juntas, una vez que se hayan identificado las juntas típicas que se encontrarían en la estructura de la carrocería, de tal manera que se podrá encontrar las posibles fallas que existieran dentro del proceso de soldadura, de modo que al utilizar los ensayos mecánicos destructivos y no destructivos se podrá obtener una calificación de acuerdo al formato **WPS** y **PQR** que se desarrollarla para esta aplicación en especial esperado conseguir los parámetros que definirían al proceso de soldadura como el mejor para este tipo de juntas.

Siendo el proceso de soldadura uno de los más utilizados para poder unir elementos estructurales, y al ser un proceso en el que entra la mano de hombre, está sujeto a que se encuentre defectos en los cordones de soldadura, de igual manera debido a las temperaturas alcanzadas en el momento de verter el material de aporte a la junta soldada, se generarán esfuerzos producto de la contracción del material base al momento de enfriarse, otro gran problema es la generación porosidades que no son visibles, grietas producidas en la solidificación de la colada, entre otros por consiguiente este trabajo investigativo se enfocará en los aspectos relacionados con el proceso de soldadura para identificar las fallas en el mismo y poder corregirlas de tal manera que la estructura del bus sea más segura para su uso en las carreteras del país, (Perez Garcia, 2016).

Estado del Arte

Fundamentalmente este trabajo investigativo estará sustentado en las siguientes normas y trabajos investigativos relacionados con el tema de estudio:

- Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM a 36, A500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses. (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014)
- Proceso de soldadura GMAW, para aceros ordinarios al carbón, aceros inoxidable y aluminio. (Mario Granja, 2013)
- Estudio Comparativo De Los Procesos De Soldadura Smaw Y Gmaw En Las Uniones De Tuberías De Transporte De Combustible. (Rivadeneira, 2015)
- Norma ISO de soldeo que permitirán saber que ensayos se realizaran a las respectivas probetas, con el material base utilizado.
- Norma ASTM A36.

Teniendo de esta manera las siguientes variables:

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Ingeniería de materiales
- Soldadura
- Metalúrgica de la soldadura
- Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre el acero ASTM A36.

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Resistencia de los materiales.
- Ensayos mecánicos destructivos y no destructivos de los materiales.
- Propiedades mecánicas.

Para analizar las juntas soldadas primero se deberá saber qué clase de cargas actúan sobre la estructura que dará cuerpo al vehículo de manera que las cargas serán las siguientes:

Tipos De Cargas

Cargas Muertas Presentes En El Sistema

Este tipo de cargas consisten en tomar en cuenta el peso estructural por sí mismo, de modo que se basaran en la comprensión del peso producido por el volumen de la estructura y en las dimensiones propias del material que será utilizado para la manufacturación del sistema estructural del bus interprovincial.

Cargas Activas Presentes En El Sistema

Las cargas que aquí se tomaran en cuenta son las fuerzas de la naturaleza a las cuales se enfrenta la estructura y no son constantes o están asociadas con el uso del área, su cálculo es complejo debido a dos factores:

1. La fluctuación de la magnitud de la carga en sí misma.
2. El lugar sobre el que actúa dicha carga en cualquier instante.

Las cargas que serán tomadas en cuenta para dar un valor al factor de seguridad:

- Cargas derivadas del viento y cargas resultantes del uso de la estructura.
- Temperatura y posibles errores dentro de la fabricación (Marco Andrés Orozco Salced, Juan Carlos Velásquez Benalcázar , 2005).

Capacidades Y Evidencias

Para desarrollar una estructura que soporte la aplicación de las cargas antes mencionadas se deberá partir de que las juntas soldadas tienen que cumplir con ciertos parámetros que definan a dicha estructura como apropiada para este tipo de vehículos de tal forma que se tome en cuenta la Tabla 1 que habla de las capacidades con las que se debería de diseñar la estructura.

Tabla 1 Capacidades Y Evidencias Para El Desarrollo De Una*Estructura* (Marco Andrés Orozco Salced, Juan Carlos Velásquez Benalcázar , 2005).

CAPACIDADES	EVIDENCIAS
Comprende los procesos de fabricación de piezas y/o conjuntos de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica cada una de las partes de una estructura.
	<ul style="list-style-type: none"> • Describe el proceso de elaboración de cada parte de la estructura del bus. • Identifica materiales, formas y determina sus aplicaciones.
Interpreta las características constructivas de las estructuras de los buses. (Bastidores, Carrocerías, monocascos o integral.)	<ul style="list-style-type: none"> • Selecciona el proceso de fabricación adecuado para cada pieza, teniendo en cuenta sus características tecnológicas y función dentro de la estructura.
	<ul style="list-style-type: none"> • Describe el proceso de elaboración de cada parte de la estructura del bus. • Interpreta catálogos o documentación técnica para determinar los procesos de elaboración de las estructuras de los vehículos.
Conocer y aplicar los procesos de mecanizado, conformado, estampado, para obtener distintas piezas y/o componentes de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza y selecciona las secuencias a seguir para un determinado proceso de fabricación, respetando las normas de higiene y seguridad.
	<ul style="list-style-type: none"> • Define la secuencia de mecanizado más adecuada a la situación o a las características de la estructura.
Comprobar las condiciones óptimas de los anclajes de los componentes, sistemas e instalaciones del automotor.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica cada una de las partes de una estructura.
	<ul style="list-style-type: none"> • Define las funciones y características de cada una de las partes de la estructura de un automotor.

Al tener juntas soldadas en la estructura del bus se pondrá especial cuidado en el método empleado al momento de la utilización del proceso MIG el cual se lo utilizara durante todo el ensamblaje de la estructura.

La soldadura MIG es uno de los métodos más empleados en la fabricación de estructuras metálicas de carrocerías de buses, las características técnicas de las soldaduras obtenidas, su elevada productividad y la polivalencia de los equipos de soldeo actuales, que permiten soldar diferentes materiales como aceros de distintos tipos, aluminios, cobre, CuSi3, como se muestra en la Figura 1 el arco eléctrico estará protegido por un gas inerte y un electrodo metálico con un diámetro específico que permitirá trabajar con diferentes espesores y en todas las posiciones.

En la actualidad equipos que se utilizan han avanzado tecnológicamente para facilitar su manejo al usuario mediante el control de diferentes parámetros de soldadura combinados en programas adaptados a las diferentes situaciones que se le pueden presentar al soldador (Perez Garcia, 2016).

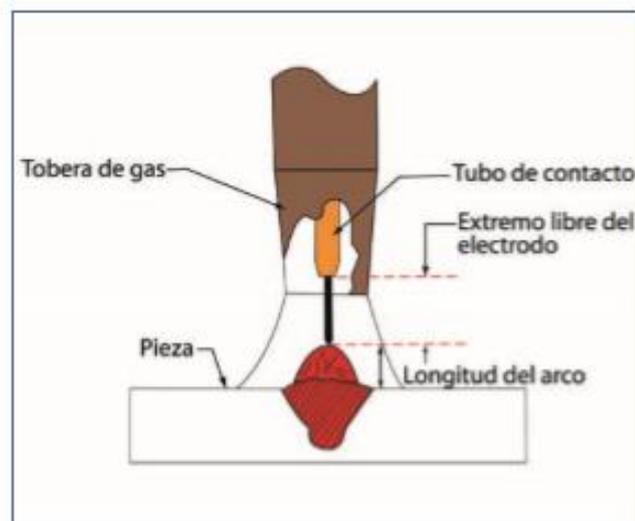


Figura 1. Esquema de soldadura tipo MIG (Perez Garcia, 2016).

A este tipo de equipos se les designa “máquinas sinérgicas” porque administran a través de los programas de soldadura que incorporan, los parámetros de soldeo ajustándose a cada tipo de material y diámetro de hilo o cable que alimenta la máquina, se destaca en estos equipos la aplicación de la “tecnología inverter” para reducir el consumo energético y aumentar el

rendimiento de la máquina, esta tecnología permite un consumo ajustado a la potencia requerida en cada momento los sistemas electrónicos de transformación permiten disponer de fuentes de energía potentes, con dimensiones y pesos reducidos, dotando a los equipos de una mayor manejabilidad para el usuario (Perez Garcia, 2016).

Estas tecnologías aplicadas a los equipos permiten de forma más fácil la aplicación de la soldadura mediante el modo de transferencia por “arco pulsado”.

Este modo aporta la cantidad justa de intensidad, en el momento preciso, de forma que materiales de bajo punto de fusión como el aluminio o el CuSi3 puedan soldarse de forma fácil, aun tratándose de los pequeños espesores de las estructuras que forman parte de las carrocerías de los vehículos (Perez Garcia, 2016).

En la Tabla 2 se puede apreciar los diferentes pasos que se debería tener para realizar el ensamble y manufactura de las carrocerías metálicas de un bus teniendo en cuenta: los materiales a ser utilizados su calidad, propiedades mecánicas, procesos de laminación, calibres existentes y tolerancias al momento de ser utilizados, el proceso que se empleara al momento de soldar las uniones en la carrocería, disponiendo ya sea el proceso SMAW o el proceso GMAW (MIG), valiéndose de los equipos debidamente certificados que den una junta soldada con las características mecánicas que se busca, de igual manera se tiene que verificar el proceso y los resultados obtenidos mediante un WPS y un PQR que estén siguiendo los lineamientos de las normas ISO de soldeo.

Tabla 2 Pasos Relacionados Con La Para La Verificación Del Proceso De Juntas Soldadas En La Estructura De Un Bus (Marco Andrés Orozco Salced, Juan Carlos Velásquez Benalcázar , 2005).

TEMA GENERAL	DESCRIPCIÓN DEL TEMA
<ul style="list-style-type: none"> • COMPONENTES PARA LA MANUFACTURA DE LA ESTRUCTURA DE LOS AUTOMOTORES 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles. • Tubos estructurales. • Calidades. • Proceso de laminación. • Tratamientos superficiales. • Calibres. • Tratamiento de envejecimiento. • Tolerancia al momento del ensamblaje.
<ul style="list-style-type: none"> • ENSAMBLADO DE LA ESTRUCTURA DE LOS AUTOMOTORES 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de ensamblado para la estructura: piso, techo, parlantes, puertas, frente del autobús, etc.
<ul style="list-style-type: none"> • SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA DEL VEHICULO 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos básicos de los diversos tipos de soldadura • Juntas soldadas por arco MIG / MAG • Equipos de soldadura apropiada y que estén dentro de las normas básicas para un buen cordón de soldadura bajo los parámetros designados. • Técnico soldador certificado.
<ul style="list-style-type: none"> • VERIFICACIÓN DE PROCESO DE SOLDADURA 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso deberá cumplir con los WPS y PQR que se diseñe para este proceso bajo parámetros adecuados al momento de realizarse la junta soldada.

El trabajo aquí presentado se respaldado en lo enmarcado principalmente en las Normas ISO de soldeo:

- Norma ISO 5173 Destructive test on welds in metallic materials – Bend test, (tercera edición 2009-06-15).
- Norma ISO 5178 Destructive test on welds in metallic materials – Longitudinal tensile test on weld metal in fusion welded joints, (Edición Marzo 2011).
- Norma ISO 6892-1 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature, (Edición Enero 2010).

- Norma ISO 17639 Destructive test on welds in metallic materials – Macroscopic and microscopic Examination of Welds (Edición Agosto 2013).
- Norma ISO 9015-2 Destructive test on welds in metallic materials – hardness testing – part 2: Microhardness testing of welded joints (American Iron and Steel Institute).
- Norma ISO 9016 Destructive test on welds in metallic materials – Impact tests — Test specimen location, notch orientation and examination (ISO 9016:2012).
- Norma ISO 9016 Destructive test on welds in metallic materials – Impact tests — Test specimen location, notch orientation and examination (ISO 9016:2001-04-01).
- Norma ISO 17640 Non - Destructive testing of welds – Ultrasonic testing of Welded Joints. (Primera Edición ISO 17640:2005-07-15).
- Norma ASTM A36.

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

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

De acuerdo con ASI/AWS A3.0-85 las posiciones de soldadura son:

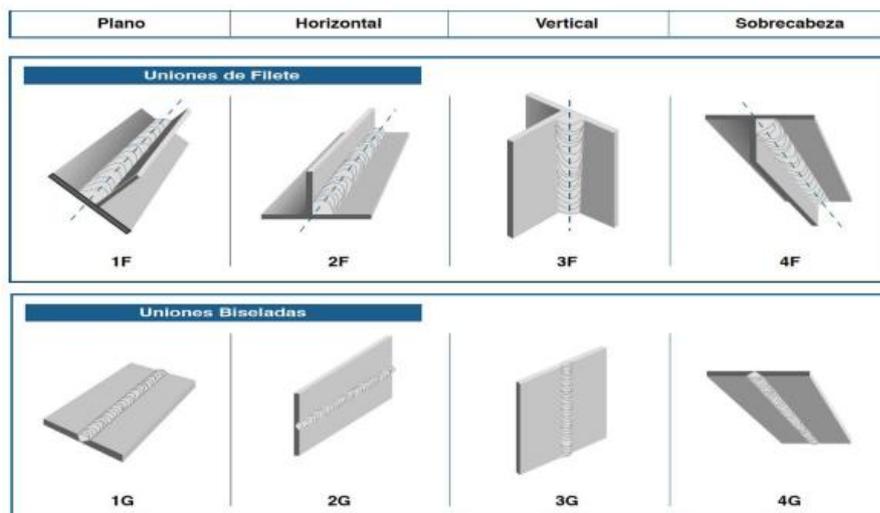


Figura 2. Esquema explicativo de las diferentes posiciones de soldadura fuente catalogo Indura (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

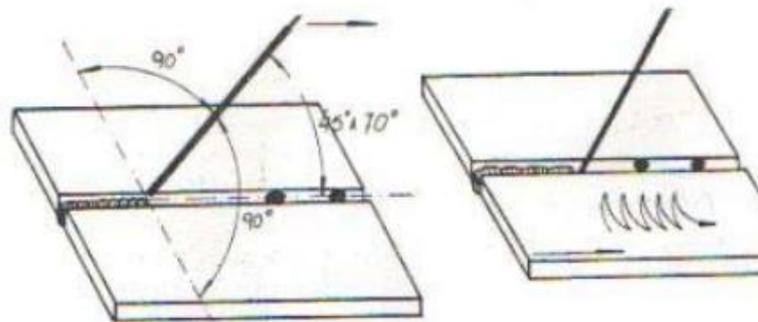
Las juntas soldadas, independientemente del proceso de unión, se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieren los servicios a los q se va a destinar tal y como se muestra en la Figura 2. Debe tomarse en consideración la manera en la que ha de explicarse el esfuerzo de servicio, ya sea de tensión, de corte, de flexión o torsión. Pueden requerirse diferentes diseños, según que la carga sea estática o dinámica, así como cuando interviene la fatiga. Las juntas pueden diseñarse con miras o reducir o eliminar los elevadores de esfuerzo y para obtener un patrón aceptable de esfuerzos residuales.

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

El diseño debe tener también en cuenta la eficiencia de la junta, la cual se define como la relación entre la resistencia de la junta a la del metal base, y se expresa generalmente como porcentaje (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014), en este estudio se dará mayor importancia a

las posiciones de plano 1F y 1G, teniendo la unión a tope o empalmada como la más común en la manufactura de la estructura frontal de un bus de tal manera que se estudiara este tipo de juntas que se muestra en la Figura 3 donde se puede ver una junta a tope y el ángulo que esta debe tener en los biseles así como también el ángulo del electrodo para su avance.

a)



b)

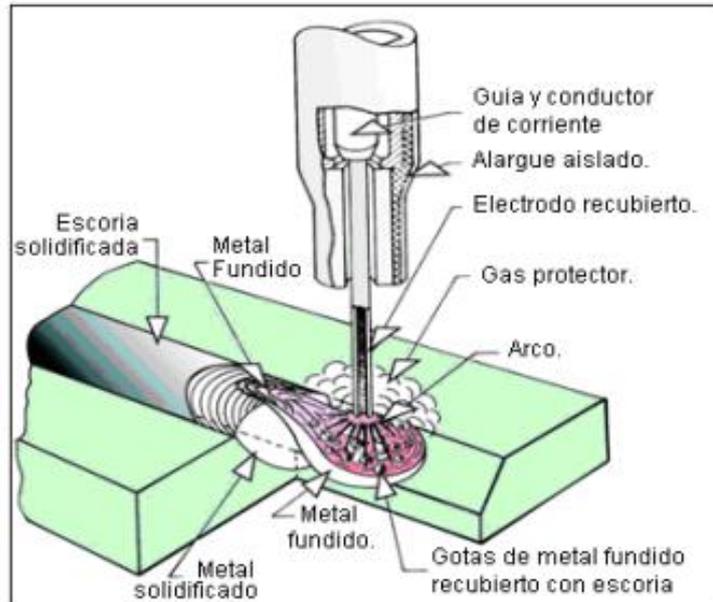


Figura 3. a) Esquema explicativo de una junta a tope ángulo de la plancha y ángulo del electrodo SMAW, **b)** esquema de junta a tope en proceso GMAW (MIG). (Juan Eduardo

Velasteguí Zurita, 2014).

Tipos De Soldadura Y De Uniones Por Arco Eléctrico.

Toda junta soldada, sin importar el proceso a la que es sometida, será diseñada por la resistencia y seguridad que se requieren en el servicio de la misma, debe tomarse en consideración el esfuerzo de servicio, tal como esfuerzo a la tensión, corte, de flexión o torsión.

Se puede tener disímiles diseños de juntas según sea la carga dinámica o estática, así como también el análisis a fatiga, las juntas pueden diseñarse de modo que estas eliminen los concentradores de esfuerzo y para obtener un patrón aceptable de esfuerzos residuales (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

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

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

Tipos de Soldadura

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

La elección del tipo de proceso de soldadura esta tan ligada a la eficiencia de la junta como del diseño de la misma, se elige un tipo de soldadura con preferencia sobre otro por razón de su relación específica con la eficiencia de la junta, las uniones por cordón de soldadura se hacen en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno u otro lado. Esta

soldadura se utiliza principalmente para reconstruir superficies desgastadas y en muy pocos casos se emplea para juntas (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

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

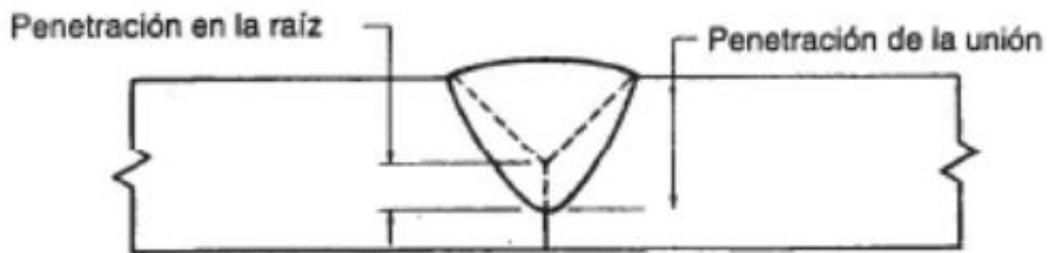


Figura 4. Soldadura de Ranura en Corte Transversal (Horwittz, 2002).

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

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

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

Tipos De Juntas

En la manufactura de la estructura frontal de un bus habitualmente se presentan 2 tipos de juntas como las siguientes:

- Juntas a tope
- Juntas en ángulo

Juntas a tope en bordes rectos: Son juntas donde el borde de las chapas no requiere preparación mecánica. Es usado este tipo de juntas, en la unión de chapas no mayores de 6mm de espesor, también se considera esta junta para piezas que no sean sometidas a grandes esfuerzos, (Gaxiola, 2010) cuando el espesor de la chapa pase de 3mm, la separación será determinada por el diámetro del núcleo del electrodo.

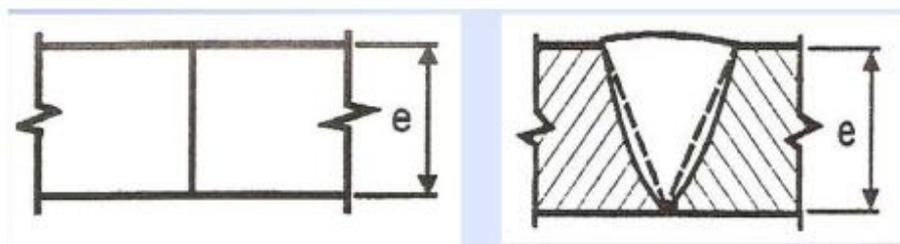


Figura 5. Juntas a tope en bordes rectos (Aular, 2009).

De esta manera se tendrá una simbología adecuada para estas juntas soldada así como se aprecia en la figura 6 donde se da a conocer la simbología utilizada cuando se tiene juntas a tope dependiendo de la preparación de la plancha o de los perfiles que serán utilizados en la estructura antes mencionada, de tal manera que se puede tener una junta con el cordón alrededor del perfil con una penetración superficial, intermedia o total ya sea preparando los bordes del perfil o dejando solo en estado normal después del corte.

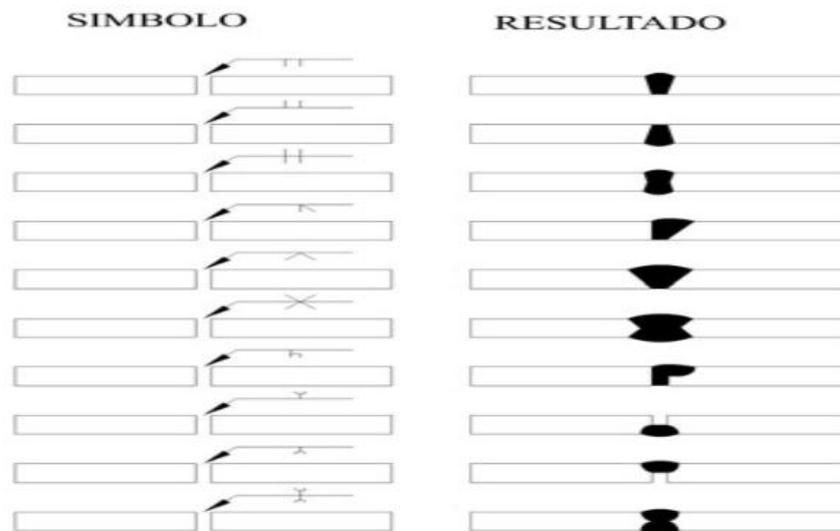


Figura 6. Simbología utilizada en las técnicas de soldadura eléctrica (Aular, 2009).

A continuación, mencionaremos algunas reglas de seguridad para soldadura de arco

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

- Comuníquese inmediatamente, si han caído esquirlas en sus ojos
- Ponga las colas de los electrodos en una caja, no las arroje en el piso.

Las reglas de seguridad serán recalculadas a través del libro. El aprender y aplicar estas reglas es solo cuestión de sentido común. (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Variables Principales Del Proceso MIG y Del Proceso SMAW

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

Corriente De Soldadura

La soldadura por arco de metal protegido puede efectuarse con corriente tanto alterna como continua, siempre que se use el electrodo adecuado.

El tipo de corriente de soldadura, la polaridad y los constituyentes de la cobertura del electrodo afectan la rapidez de fusión de todos los electrodos cubiertos. Para un electrodo determinado la rapidez de fusión se relaciona directamente con la energía eléctrica suministrada al arco. Parte de esta energía se destina a fundir una porción del metal base, y la otra parte sirve para fundir el electrodo. Los electrodos cubiertos de un tamaño y clasificación específicos pueden operar de manera satisfactoria a diversos amperajes dentro de cierto intervalo. Este intervalo varía un poco dependiendo del espesor y la formulación de la cobertura.

Para un tipo y tamaño de electrodo específico, el amperaje óptimo de varios factores como la posición de soldadura y el tipo de unión. El amperaje debe ser suficiente para obtener una buena fusión y penetración sin perder el control de charco de soldadura. (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014)

Voltaje En El Arco

La longitud del arco es la distancia entre la punta derretida del núcleo del electrodo y la superficie del charco de soldadura. La transferencia de metal desde la punta del electrodo hasta el charco de soldadura no es una acción suave y uniforme.

El voltaje instantáneo del arco varía al transferirse gotitas de metal fundido a través del arco, incluso cuando la longitud de este se mantiene constante. Para la longitud de arco correcta se requiere una alimentación del electrodo constante y consistente.

La longitud de arco correcta varía de acuerdo a la clasificación del electrodo, diámetro y revestimiento y además varía con el amperaje y la posición de soldadura (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Velocidad De Soldadura

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

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

Bajas velocidades de soldadura incrementan el calor entrante y por lo tanto incrementa el tamaño de la zona afectada por el calor y reduce la tasa de enfriamiento de la soldadura. Altas tasas de enfriamiento pueden incrementar la resistencia y la dureza de la soldadura en un acero endurecible, a menos que un precalentamiento adecuado se realice para evitar endurecimiento (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Protección en el Arco Eléctrico

Tanto en el proceso SMAW como en el GMAW (MIG), se tiene lo que se conoce como soldadura por arco sumergido donde el electrodo que será utilizado, al producirse el arco eléctrico tiene una protección, ya sea con fundente en el caso de SMAW y con gas inerte en el caso de GMAW, esta defensa garantiza que gracias a la capa de fundente que reviste al electrodo utilizado en SMAW, la colada no se verá afectada por acción de los gases atmosféricos permitiendo la creación de un cordón libre de poros y evitando que haya una pérdida muy rápida de temperatura, el Proceso GMAW cuando se produce el arco eléctrico y se funde el metal con el propósito de proteger la colada, esta la acción de un gas inerte como el CO₂, para así metalúrgicamente hablando se evitara que se pierdan elementos de la aleación que se pudieran perder o que se necesiten ser agregados al metal fundido.

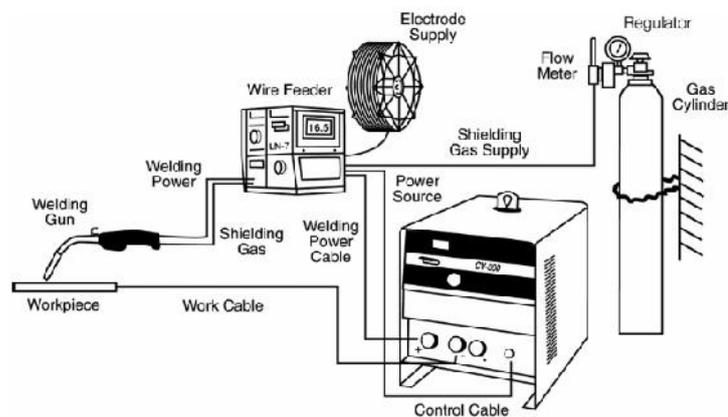


Figura 7. Equipos para soldadura MIG-MAG (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

En la Figura 7 se puede observar una típica estación de soldeo mediante el proceso GMAW el cual utilizando un electrodo desnudo alimentado continuamente que permite tener un cordón de solda más estable y continuo sin imperfecciones ni porosidades internas o externas y con una protección de gas inerte que ayuda a la solidificación del metal, a que el mismo no sufra una oxidación apresurada debido a la exposición al medio ambiente.

Suelda MIG

Los más conocidos en soldadura de arco eléctrico son:

Con Protección De Dióxido 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.

En la composición de este acero también se incluyen elementos desoxidantes para limpiar el metal fundido. Se puede realizar mezcla con gases inertes, para las condiciones del arco. (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014)

Ventajas

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

Gas Que Será Utilizado En La Soldadura (Bióxido De Carbono)

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 (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

El bióxido de carbono es un gas que ha mostrado una gran eficiencia, como medio gaseoso para la protección de soldaduras con alambre sin revestimiento, ya que a temperatura normal es esencialmente inerte. Se obtienen con 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 (Gaxiola, 2010).

Proceso de Soldadura MIG

Durante la soldadura MIG, solamente se calienta una pequeña zona alrededor de la junta. Simultáneamente a la alimentación con hilo tiene lugar una adición del gas inerte que enfría las superficies y protege el metal de la acción del aire ambiental.

Esta previene la oxidación. El hilo de acero no está recubierto, sino compuesto de un alma totalmente metálica. Por tanto, no se forma escoria (cuya eliminación requiere bastante trabajo), sino un cordón muy liso (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

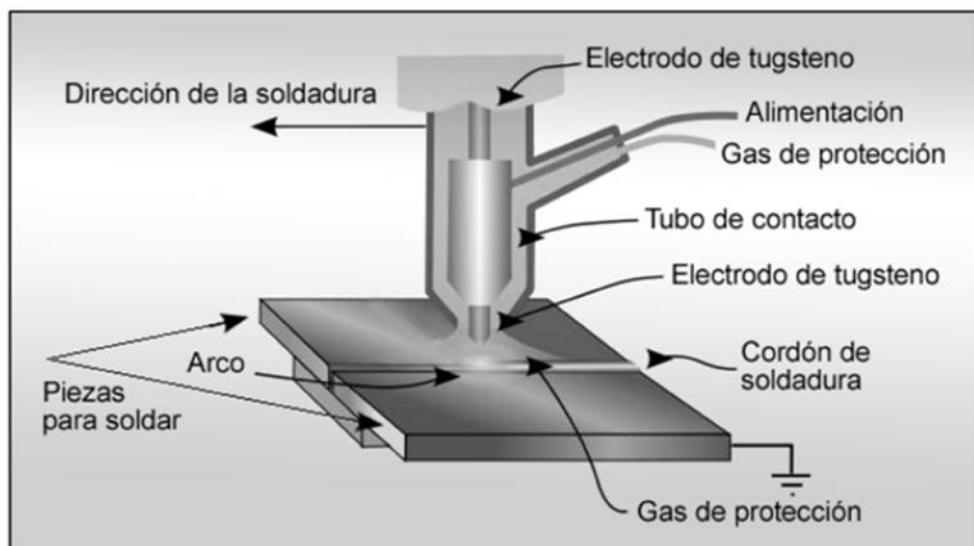


Figura 8. Soldadura MIG-MAG (Aular, 2009).

Ventajas Que Se Obtiene Del Proceso Por Soldadura MIG (GMAW)

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

El procedimiento es muy utilizado en espesores delgados y medios, en fabricaciones de acero y estructuras de aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere un gran porcentaje de trabajo manual (Aular, 2009).

Tabla 3. Elección De La Corriente Eléctrica Para Soldadura (Gaxiola, 2010).

Material y espesor aproximado	Corriente alterna	Corriente continua	
	Con estabilización de alta frecuencia	Polaridad directa	Polaridad inversa
Piezas fundidas en Aluminio	1	N.R	N.R
Acero inoxidable	2	1	N.R
Aleaciones de latón	2	1	N.R
Cobre silicioso	N.R	1	N.R
Plata	2	1	N.R
Enchapado de plata	1	N.R	N.R
Recubrimiento duro	1	1	N.R
Fundición de hierro	2	1	N.R
Acero bajo % C de 0.55 mm a 0.76mm	2	1	N.R
Acero alto % C de 0.55 mm a 0.76mm	2	1	N.R
Acero bajo % C de 0.76 mm a 3.18mm	N.R	1	N.R
Acero alto % C de 0.76mm a mas	2	1	N.R
Cobre oxidado.	N.R	1	N.R

Ensayos Mecánicos

Ensayo De Inspección Visual

Al ejecutarse las uniones de la estructura frontal de un bus o de cualquier estructura metálica, es imprescindible que dicha unión sea sometida a un examen riguroso caracterizado por una inspección visual, que revise que no exista ninguna grieta o porosidad que pueda representar un concentrador de esfuerzos que ponga en riesgo la integridad de la estructura antes mencionada.

Este examen visual depende enteramente del ojo experimentado del inspector, que reconoce casi de inmediato las imperfecciones en el cordón de acuerdo a la norma de soldeo con que se está trabajando, para este estudio serán las normas ISO de soldeo.

El inspector se ayuda de unas galgas pre establecidas por la norma que se esté utilizando para saber si la sobremonta tiene la medida correcta tal y como se muestra en la Figura 9 donde se ve la manera de utilizar las galgas y patrones que se han de usar de acuerdo con las diferentes posiciones que se han soldado.

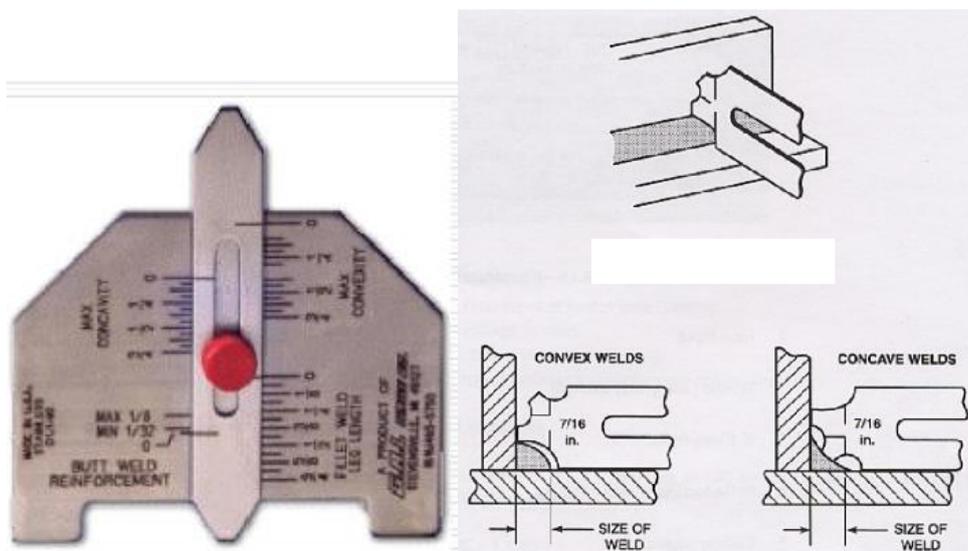


Figura 9. Galgas Para Medición De Sobremonta, Inspección Visual (Aular, 2009).

Ensayo De Tintas Penetrantes

El método más sencillo para localizar las grietas, poros, fisuras o imperfecciones en un cordón de soldadura, es usando el paquete de tintas penetrantes , que contiene un limpiador de superficies, el líquido penetrante y por último el líquido revelador, el inspector deberá aplicar el paquete de líquidos penetrantes en el orden que se muestra en la Figura 10 para que el proceso sea válido.

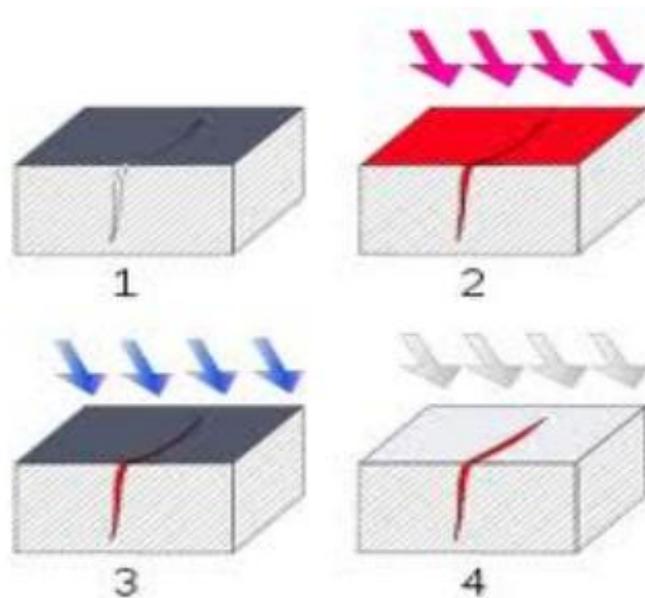


Figura 10. Esquema De Uso Del Kit De Líquidos Penetrantes (Aular, 2009).

Orden de uso: 1) La superficie a ser revisada deberá estar limpia de cualquier impureza o grasa, 2) Aplicación del fluido penetrante con coloración, 3) Limpieza del área por segunda vez para retirar los excesos del fluido penetrante, 4) Aplicación del fluido revelador, dejando a la vista todas las imperfecciones que existieran en la junta soldada y poder analizar si dicha unión podría pasar la inspección visual o no, si no pasara, la junta en cuestión deberá ser reparada o en su defecto reemplazada.

Ensayo De Tracción

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

En la siguiente figura se muestra un esquema del ensayo de tracción.

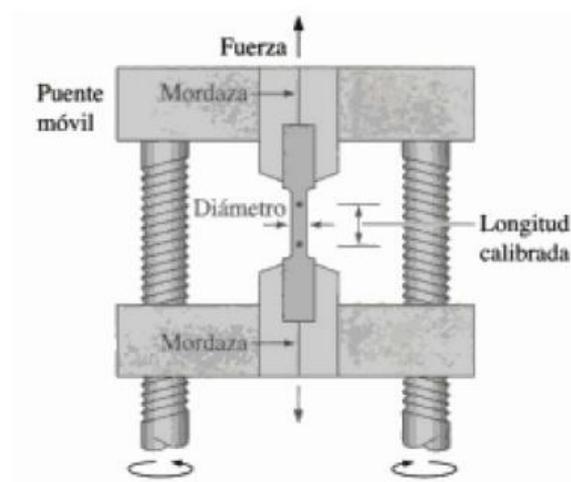


Figura 11. ENSAYO DE TRACCION (Askeland, 2010).

La probeta se coloca en la máquina de prueba y se aplica una fuerza F , como lo indica la Figura 10, llamada carga. Para medir la cantidad que se estira el espécimen entre las marcas de calibración cuando se aplica la carga, se usa un extensómetro o galga extenso métrica. Así lo que se mide es el cambio de longitud del espécimen, Δl , en una longitud determinada, l_0 .

En ese ensayo se puede obtener información acerca de la resistencia, el módulo de Young y la ductilidad de un material.

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

Esfuerzo Y Deformación Ingenieriles:

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

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

$$\text{Esfuerzo ingenieril} = \sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

$$\text{Deformación Ingenieril} = \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

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

Propiedades Obtenidas Resultado Del Ensayo De Tensión

Resistencia De Cedencia

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

El límite de proporcionalidad se define como el valor del esfuerzo arriba del cual la relación entre esfuerzo y deformación ingenieriles no es lineal. En la mayoría de los materiales,

el límite elástico y el límite de proporcionalidad están bastante cercanos. Sin embargo, ni el valor del límite elástico ni el límite de proporcionalidad se pueden determinar con precisión.

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

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

Después de que comienza el deslizamiento en σ_2 las dislocaciones se alejan de los grupos de átomos pequeños y continúan moviéndose con mucha rapidez en el esfuerzo menor σ_1 .

Resistencia A La Tensión

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

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

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

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

Ensayo De Doblado o Flexión

Para el ensayo de doblado se necesitara un probeta de la junta soldada para que sea sometida a un ensayo aunque sencillo es muy importante pues ahí se verá la resistencia del cordón de soldadura adicionalmente se podrá visualizar si existen grietas internas que se expondrán cuando se realice la prueba, de tal manera que las grietas que se presenten serán tanto longitudinales como transversales dependiendo de los defectos que hayan estado en el cordón.

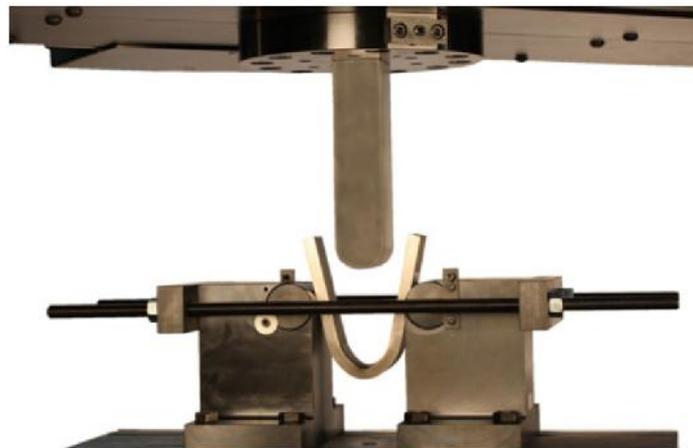


Figura 12. ENSAYO DE FLEXION (Askeland, 2010).

Método

Basando la presente investigación en el trabajo investigativo que propone un modelo de estructura metálica como el que presenta en su trabajo el ingeniero Velasteguí, (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014) para carrocerías de buses junto con los autores Ing. Damián Cárdenas, Ing. Juan Escudero, Ing. Sebastián Quizhpi y Ms. Marco Amaya Pinos, que da una visión de cómo sería la carrocería ideal al analizar los puntos críticos de dicha estructura, se ha encontrado las juntas soldadas típicas que se utilizaran para la conformación de dicha estructura y de ahí se partirá para poder estudiar si el método utilizado está correcto al aplicar los lineamientos que da el conjunto de normas ISO utilizadas como son: Norma ISO 5173 Destructive test on welds in metallic materials – Bend test, (tercera edición 2009-06-15), Norma ISO 5178 Destructive test on welds in metallic materials – Longitudinal tensile test on weld metal in fusion welded joints, (Edición Marzo 2011), Norma ISO 6892-1 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature, (Edición Enero 2010), Norma ISO 17639 Destructive test on welds in metallic materials – Macroscopic and microscopic Examination of Welds (Edición Agosto 2013), Norma ISO 9015-2 Destructive test on welds in metallic materials – hardness testing – part 2: Microhardness testing of welded joints (American Iron and Steel Institute), Norma ISO 9016 Destructive test on welds in metallic materials – Impact tests — Test specimen location, notch orientation and examination (ISO 9016:2012), Norma ISO 9016 Destructive test on welds in metallic materials – Impact tests — Test specimen location, notch orientation and examination (ISO 9016:2001-04-01), para juntas soldadas, teniendo en cuenta si el material base, el material de aporte, la maquinaria utilizada, son los adecuados para realizar el proceso, así como los sub parámetros como: la velocidad de avance, el amperaje, características técnicas de la máquina, si esta mantiene la estabilidad al momento de realizar el trabajo, y demás parámetros que se

necesiten para poder determinar que el proceso de soldeo es el adecuado para mantener la estructura metálica bajos los parámetros adecuados.

Se plantea que para la aceptación del proceso de soldadura en la manufactura de la estructura soldada de un bus interprovincial se necesita que la calificación de la soldadura sea bajo una el siguiente método.

Se deberá identificar las juntas soldadas típicas que se encontraría en una estructura de un bus interprovincial, para posteriormente analizar el proceso al que es sometido el material al ser soldado bajo el criterio de soldadura tipo MIG/MAG con esto se plantea saber si el proceso que se está realizando es el correcto, esto incluye la selección del material base, el material de aporte, velocidades de avance y amperajes, una vez que se tengan las juntas identificadas se necesitara realizar las debidas probetas, en las que se realizaran los ensayos mecánicos destructivos y no destructivos, para poder obtener los datos pertinentes que darán como resultado si la junta soldada está bajo los parámetros que nos da la norma o si se deberá corregir algún parámetro para para así poder elaborar un formato WPS y un formato PQR que ayuden a que este proceso sea el más efectivo al momento de realizar la estructura de un bus, esto se puede apreciar en la tabla N°4 que habla sobre el proceso y cita algunas de las bibliografías que serán utilizadas para desarrollar la investigación, de tal manera que se pueda facilitar el proceso para las industrias del país, para hacer los ensayos mecánicos se necesitara un mínimo de 4 probetas a las que se someterá a los ensayos mecánicos destructivos: ensayo a tracción, ensayo de doblado, así como los ensayos no destructivos: ensayo de tintas penetrantes, inspección visual tal y como se manda en la norma ISO usada para este fin.

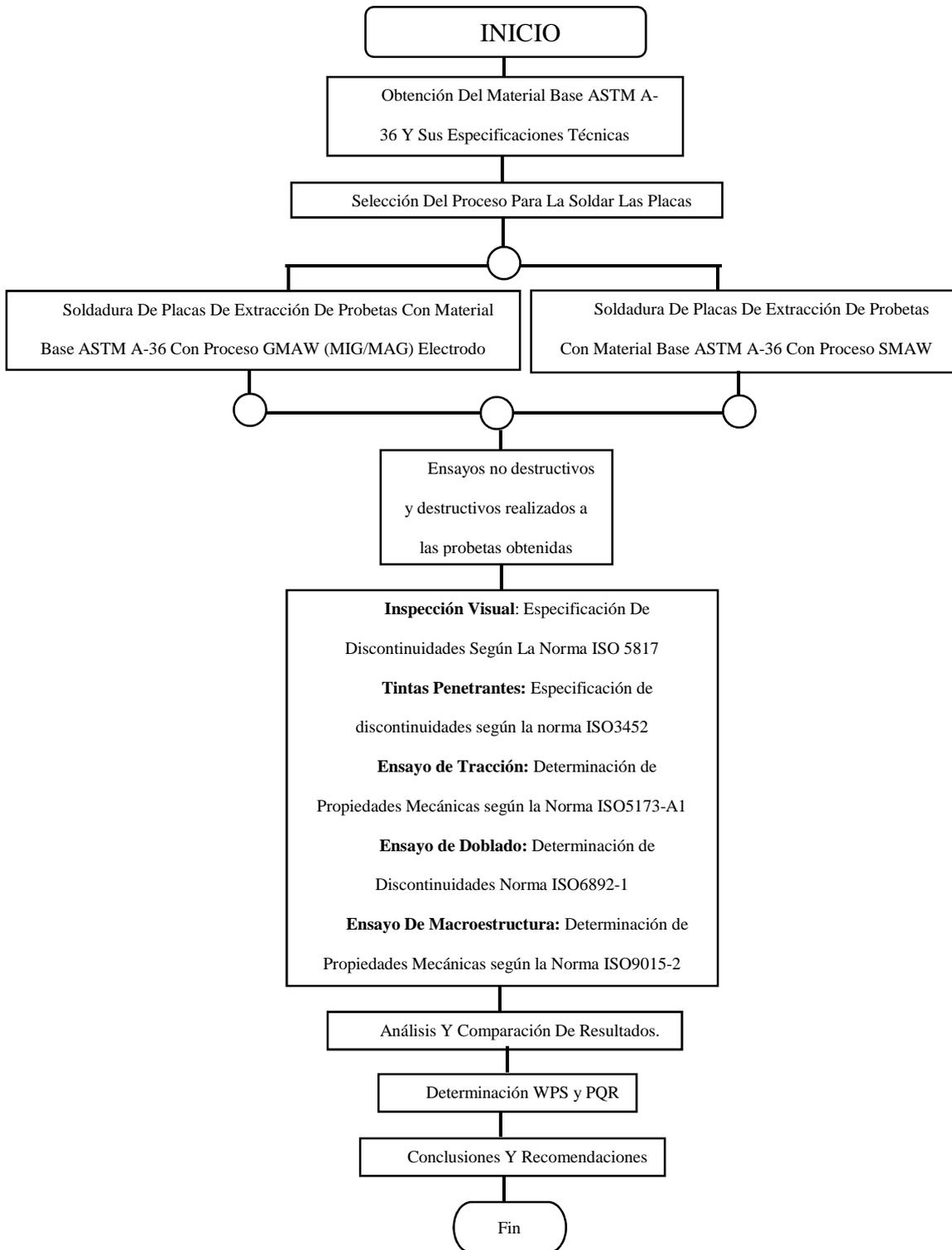


Tabla 4. Matriz De Variables Y Resultados Que Se Espera De La Investigación**Ensayos Mecánicos Aplicados a Uniones Soldadas de Autobuses de acuerdo a la Especificación del Proceso de Soldeo (Soldadura).**

<i>Variable</i>	<i>Niveles</i>		
	Selección de materiales	Estándares de Soldadura MIG	Análisis metalográfico
<i>Aceros Estructurales y Proceso de Soldadura</i>	Información CANFAC. 2015., AEADE. 2015 & MIPRO. 2014. Elección del tipo de acero para estructuras. (2014) Propuesta de Diseño Estructural para Buses de Carrocería Interprovincial (2010)	Comportamiento Mecánico de Uniones Soldadas de Aceros Disimiles (Inoxidables - Estructural) ante cargas monotonías y cíclicas. (2011) Welding Handbook. Welding Processes. (2013) Fundamentals of Modern Manufacturing. Materials, Processes, and Systems (2007)	
<i>Validación de Ensayos Mecánicos</i>	Pruebas Mecánicas (Ensayos Destructivos) Norma ISO 17639 del 2013 pruebas destructivas en soldaduras en materiales metálicos - examen macroscópico y microscópico de las soldaduras Norma ISO 9016 del 2012 pruebas destructivas de las soldaduras en materiales metálicos - Los ensayos de impacto - Prueba ubicación espécimen, de orientación de muesca y el examen norma ISO 5173 2010 pruebas destructivas en soldaduras en metálico materiales - Los ensayos de doblado	Pruebas Mecánicas (Ensayos No Destructivos) Norma ISO 17640 del 2017-10 Ensayos no destructivos de las soldaduras - Ensayo de ultrasonido - Técnicas, niveles de prueba y evaluación	Efecto del modo de transferencia en el proceso SMAW sobre la vida a la fatiga de uniones (2013) Optimización of Experimental Temperature Measurement.. (2016)
	Ensayos Mecánicos varios aceros con bajo nivel..... 2016	Ensayos No Destructivos (END)..... 2015	
	Especificación para la calificación	Inspecciones	Acreditación / Aceptación
<i>Acreditación del Proceso MIG/MAG</i>	QC1:2007 AWS B5.1.	WPS. PQR	QC17: 2002 Quality Assurance and Quality Control.... (2015) Requisitos de Aseguramiento y Control De Calidad (QA/QC)..... (2016)
	Diseño para la fabricación y ensamblaje de productos soldados..... (2009)	Guía del Inspector de Soldadura..... (2011)	

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se plantea primero el uso de un formato PQR para calificar el proceso de soldadura así como al técnico soldador para asegurar que la junta que se está realizando sea la esperada, de igual manera se usará un formato WPS que permita calificar si los materiales que intervienen en el proceso de la junta soldada son los que admite la norma, para posteriormente realizar los respectivos ensayos destructivos y no destructivos a un número de 2 probetas que vengan de cada una de las juntas soldadas que se haya seleccionado anteriormente, de ese modo se iniciará con los ensayos no destructivos, como el uso de tintas penetrantes, el uso de inspección visual, cromatografía, etc, para la obtención de datos que se los usarán para determinar si el proceso es el adecuado, finalizando esta fase las probetas entrarán a someterse a los ensayos destructivos que permiten visualizar las cargas que soportarían dichas juntas de ese modo se podrá cuantificar la resistencia de las uniones a la tracción, compresión, y doblado de tal manera que los datos obtenidos den como resultado una estadística de cuantas juntas aprobarían las pruebas a las que se someten y así calificar si el proceso que se está siguiendo es el que se necesita para poder realizar este tipo de estructuras metálicas que forman parte de la carrocería de un bus interprovinciales.

Propiedades Mecánicas Del Acero Estructural ASTM A-36

En los últimos años, la producción del acero a nivel mundial ha tenido cambios significativos. Actualmente existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de tipos de acero que se usan profundamente en la industria de la construcción, naval, mecánica, petrolera y en diversas estructuras especiales, y que evolucionaron debido a las necesidades derivadas de los avances tecnológicos acelerados en los diversos campos de la ingeniería. El acero estructural consiste de los siguientes elementos: anclas, contra venteos y puntales, armaduras, bases, columnas, conectores de cortante, estructuras de soporte de tuberías,

transportadores, largueros y polines, marquesinas, monorraíles, 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 (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Hay distintas clases de esfuerzos que se presentan al tratar las propiedades mecánicas de los materiales. En general se define el esfuerzo como una fuerza que actúa sobre el área unitaria en la que se aplica la deformación unitaria se define como el cambio de dimensión por unidad de longitud. El esfuerzo se suele expresar en MPa (pascuales) o en psi (libras por pulgadas cuadradas). La deformación unitaria no tiene dimensiones y con frecuencia se expresa en pulg/pulg o en mm/mm

Para este estudio se ha escogido un acero ASTM A-36 por sus características, propiedades mecánicas y su facilidad de encontrarse en el mercado comercial que se dedica a abastecer a las metalmecánicas ensambladores de las estructuras de los buses.

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

este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron, las características y propiedades mecánicas del material base se podrán visualizar en el ANEXO 1 de propiedades del acero ASTM A-36.

Normas ISO usadas en el estudio.

Norma ISO 5817 Inspección Visual de las Juntas Soldadas Sujetas a Estudio

Las juntas realizadas por soldadura deberán reunir los siguientes requisitos visuales para que se considere como satisfactoria la soldadura:

- La unión soldada deberá estar libre de grietas a lo largo del cordón.
- Si existiesen, todas las grietas deberán rellenarse a través de toda la sección de la soldadura, de manera que dichas grietas sean anuladas con nuevo material de aporte.
- La cara de la junta soldada deberá estar al ras con la superficie del metal base, que va a ser fundido y unido gracias al arco eléctrico, y el cordón deberá fusionarse suavemente con el metal base. El socavamiento no deberá exceder 1mm (1/32"). El reforzamiento de la soldadura no deberá exceder de 3mm (1/8").

La raíz de la junta soldada será inspeccionada y no deberá haber evidencia de grietas, fusión incompleta, o penetración inadecuada en la unión. Una raíz que tenga una superficie cóncava es permitida dentro de los límites presentados en la Tabla 5, de manera que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor al del metal base.

Tabla 5. Criterios De Aceptación De La Inspección Visual según Norma ISO5817

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA INSPECCIÓN VISUAL			
Categoría de la discontinuidad y Criterio de Inspección	CNTE	CNTC	CT
(1) Prohibición de grietas			
La soldadura no deberá tener grietas.	X	X	X
(2) Fusión soldadura/metal base.			
Debe haber fusión entre las capas adyacentes del metal soldado y entre el metal base y el metal soldado.	X	X	X
(3) Cráteres en la sección transversal.			
Todos los cráteres serán rellenados en toda la sección transversal de la soldadura, excepto en los extremos de soldaduras de filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura			
Los perfiles de soldadura deberán ser conforme a norma ISO5817	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección			
La inspección visual de soldaduras en los aceros será hecha inmediatamente después de completada la soldadura y enfriada a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para los aceros ASTM A36 serán basados en la inspección visual realizada a no menos de 48 horas después de completar la soldadura.	X	X	X
(6) Disminución del tamaño en el cordón soldado.			
Una soldadura de filete en cualquier soldadura continua simple permitirá la disminución del tamaño del filete nominal especificado en 1.6 mm (1/16") sin corrección, la porción de menor tamaño en la soldadura no debe exceder el 10% de la longitud de la soldadura. En las soldaduras de canto en vigas la disminución del tamaño del cordón de soldadura nominal no debe permitirse en los extremos si su longitud es igual a dos veces el ancho del borde.	X	X	X
(7) Socavamiento			
(A) Para materiales de espesor menor a 25.4mm (1pulg), el socavamiento no deberá exceder 1mm (1/32 pulg), excepto que sea permitido un máximo de 1.6 mm (1/16")			

para una longitud acumulada de 50mm (2") en cualquier longitud de soldadura de 305 mm (12"). Para materiales de espesor igual o mayor que 1", el socavamiento no debe exceder de 1/16" en cualquier longitud de soldadura.

X

(B) En miembros primarios, el socavamiento no tendrá más de 0.25 mm (0.01") de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier diseño de condición de carga. El socavamiento no tendrá más de 1/32" de profundidad en todos los demás casos

X

X

(8) Porosidad

(A) Las soldaduras de ranura con penetración completa en la unión de uniones a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tensión calculado no deberán tener porosidad grande visible. Para todas las otras soldaduras de ranura y soldaduras de filete, la suma de la porosidad grande visible en tubería de 1 mm (1/32") o mayor en diámetro no debe exceder de 10 mm (3/8") en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder de 19 mm (3/4") en cualquier longitud de soldadura de 305 mm (12").

X

(B) La frecuencia de la porosidad grande en soldaduras de filete no debe exceder de una pulgada en cada 4 pulg (100mm) del largo de la soldadura y el diámetro máximo no debe exceder de 2mm (3/32"). A excepción: para soldaduras de filete conectadas con refuerzo a la red, la suma de los diámetros de las porosidades grandes no debe exceder de 10 mm (3/8") en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder 19 mm (3/4") en cualquier longitud de soldadura de 305 mm (12").

X

X

(C) Las soldaduras de ranura con penetración completa en la unión, en uniones a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tensión calculado, no deberán tener porosidades grandes. Para todas las otras soldaduras de ranura, la frecuencia de la porosidad grande no deberá exceder de 100 mm (4") de largo y el diámetro máximo no deberá exceder de 2 mm (3/32").

X

X

Nota: Una X indica la aplicabilidad para el tipo de conexión; un área vacía indica la no aplicabilidad.

CNTE: Conexiones No Tubulares carga Estática

CNTC: Conexiones No Tubulares carga Cíclica

CT: Conexiones Tubulares (todo tipo de carga)

- La máxima concavidad de la superficie de la raíz será de 1.6mm (1/16") y la máxima fusión atravesada deberá ser de 3mm (1/8"). Para conexiones en T, Y, K la fusión atravesada en la raíz es considerada deseable y no será causa de rechazo. Todas las soldaduras que sean inspeccionadas visualmente serán aceptadas si cumplen con los criterios detallados en la Tabla 5.

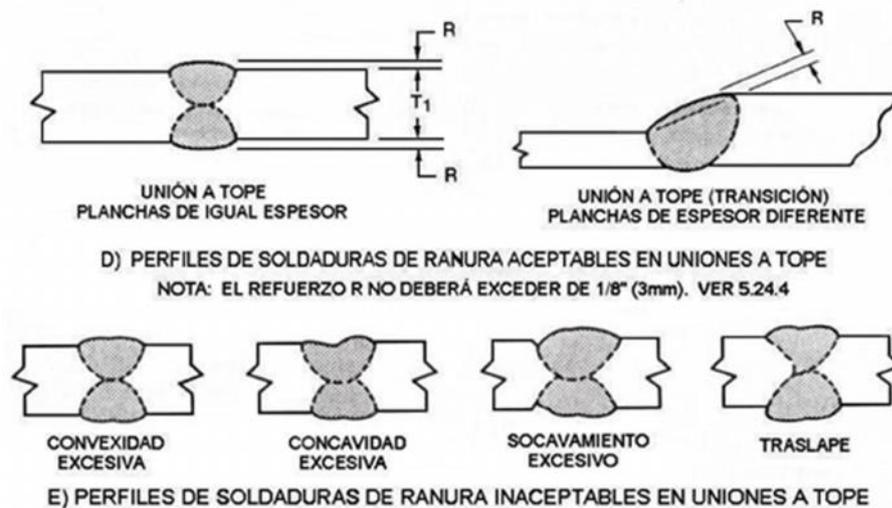


Figura 13. Perfiles De Soldadura Aceptables E Inaceptables (Askeland, 2010).

Norma ISO 3452 Para Tintas Penetrantes

La norma usada para comprobar la porosidad, penetración, unión completa de los metales base gracias al arco eléctrico y las posibles filtraciones ocasionadas por un mal procedimiento al momento de realizar la junta soldada es la ISO3452 referente a tintas penetrantes donde nos habla de las características de las uniones a ser sometidas a dichas tintas penetrantes para ver los posibles defectos que a simple vista no se podrían ser revelados.

Gracias a las tintas penetrantes se puede identificar con más rapidez los defectos en los cordones de soldadura que se considera como críticos, como se habló anteriormente los defectos que podrían presentarse en el cordón serán: poros (grandes y pequeños con diferentes

profundidades.), grietas longitudinales o axiales dependiendo del cordón a ser analizado, fisuras parciales o totales. Todos estos defectos se los puede visualizar con mayor facilidad cuando se aplica las tintas penetrantes.

De este modo se puede ver que las filtraciones de las tintas penetrantes de un lado del cordón hacia el otro dan a notar la existencia de una fisura que se convertiría en un concentrador de esfuerzo que reducirá la eficiencia de la junta y de la estructura en sí misma.

La norma dicta que se deberá preparar y limpiar las placas que han sido soldadas para ser sometidas a las tintas penetrantes que denotaran cualquier fallo que no sea perceptible a la vista del ojo humano siendo así que estas tintas pueden penetrar con facilidad las grietas, poros y fisuras que se den en el cordón.



Figura 14. Tintas Penetrantes Utilizadas En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.

Como se puede ver en la figura 16 el PAK de tintas usadas se componen por el aplicador de limpieza que remueve la suciedad y grasa presente en las placas, después se procede a aplicar el penetrante tinturado que se introducirá en cualquier imperfección por minúscula que sea y si dicha imperfección es pasante se revelara al utilizar el líquido revelador, proporcionando así un mapa exacto de donde se encuentran las imperfecciones que se convertirán en concentradores de esfuerzo en la estructura.



Figura 15. Tintas Penetrantes Líquido Limpiador Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.

En la figura 16 se muestra la utilización del líquido limpiador, cuando se utilice este líquido la placa deberá estar lo más limpia que se pueda de grasa, escoria, polvo, tierra y pintura, de esta forma, la aplicación de dicho liquido dejara la superficie del cordón limpia y lista para la aplicación del siguiente paso.



Figura 16. Tintas Penetrantes Líquido Penetrante Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.

El líquido penetrante se utilizara en la placa y será aplicado a través de todo el cordón asegurándose de que cubra toda la superficie del mismo y de uno a tres centímetros alrededor, de esta forma se cubrirá toda el área que será analizada. Se tiene que recordar que las imperfecciones o las fisuras que se está buscando son las que escapan al ojo humano al momento de realizar la inspección visual del cordón analizado, con este líquido se podrá saber si alguna de estas fallas son pasantes y afectarían la estructura que se pretende realizar.



Figura 17. Tintas Penetrantes Líquido Revelador Utilizado En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.

En este punto de la inspección con las tintas penetrantes se revelarían todas las fisuras, porosidades, grietas que no están pueden ser apreciadas a simple vista, gracias a este líquido aplicado en toda la superficie del cordón y de uno a tres centímetros del área circundante se pueden evidenciar los futuros concentradores de esfuerzos que está buscando, incluyendo a las fisuras pasantes, poros, y grietas que comprometerían las estructuras.

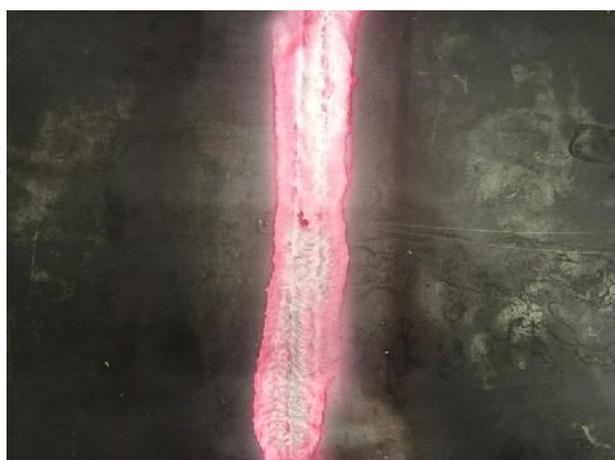


Figura 18. Tintas Penetrantes PACK Utilizado, Resultado De Las Tintas Penetrantes En La Inspección De Las Placas De Donde Saldrán Las Probetas.

Ahora gracias al PACK de las tintas penetrantes se puede observar donde existen las fallas producidas por la soldadura, las imperfecciones encontradas en el cordón de soldadura se hacen evidentes con mayor facilidad de tal manera que se los puede identificar y reparar para que así la integridad de la estructura sea la deseada.

Dimensiones De Las Probetas Que Serán Utilizadas

De acuerdo con la norma ISO-6892 se trabajará con las probetas que tengan las dimensiones que se encuentran en la tabla 5 donde el Anexo B (Para Chapas flejes y productos

planos de espesor entre 0.1 mm y 3mm), de dicha norma es catalogada como **Probeta Tipo 2** Según ISO 6892-1:2009 donde se plantea que las siguientes dimensiones.

Norma ISO 6892-1 Ensayo de Tracción A Temperatura Ambiente.

En esta norma se puede encontrar el método de prueba a tracción para materiales metálicos donde se puede observar que la pieza de ensayo preferido tiene una relación directa entre la longitud de referencia original L_0 , y el área transversal S_0 .

Tabla 6. Símbolos Y Designaciones Que Serán Utilizados Según Norma ISO-6892, Para Dimensiones De Probetas Tipo 2.

SÍMBOLO	UNIDAD	DESIGNACIÓN
PIEZA DE PRUEBA		
$a_0.T^a$	mm	Espesor original de una pieza de ensayo plana o espesor de pared de un tubo
b_0	mm	Anchura original de la longitud paralela de una probeta plana o anchura media de la tira longitudinal tomada a partir de un tubo o anchura de alambre plano
d_0	mm	Diámetro original de la longitud paralela de una pieza de ensayo circular, o el diámetro de alambre redondo o diámetro interno de un tubo
D_0	mm	Diámetro externo original de un tubo
L_0	mm	Longitud de referencia original
L'_0	mm	Longitud de referencia inicial para la determinación de UNA wn (véase el anexo I)
L_c	mm	Longitud paralela
L_e	mm	Extensómetro longitud de calibre
L_t	mm	Longitud total de la pieza de ensayo
L_u	mm	Longitud final de calibre después de la fractura
L'_u	mm	Longitud final de calibre después de la fractura para la determinación de UNA wn (véase el anexo I)
S_0	mm ²	Área original de la sección transversal de la longitud paralela
S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la fractura
k	-----	Coefficiente de proporcionalidad (véase 6.1.1)
Z	%	Porcentaje de reducción de área
ALARGAMIENTO		

A	%	Porcentaje de alargamiento después de la fractura (véase 3.4.2)
A _{wn}	%	Porcentaje de alargamiento plástico sin estricción (véase Anexo I)
EXTENSIÓN		
A _e	%	Extensión de punto de rendimiento porcentual
A _g	%	Prolongación de plástico porcentaje a una fuerza máxima, F metro
A _{gt}	%	Extensión total de porcentaje a una fuerza máxima, F metro
A _t	%	Extensión porcentual total a la rotura
L _m	mm	Extensión a la fuerza máxima
L _f	mm	Extensión a la rotura
RAZONES		
L _e	S ⁻¹	Velocidad de deformación
L _c	S ⁻¹	Velocidad de deformación estimado sobre la longitud paralela
	MPa S ⁻¹	Velocidad de esfuerzo
	mm S ⁻¹	Velocidad de separación de la cruceta
FUERZA		
F _m	N	Fuerza máxima
LÍMITE ELÁSTICO - RESISTENCIA DE PRUEBA - RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		
E	MPa	Módulo de elasticidad
m	MPa	Pendiente de la curva de extensión de tensión-porcentaje en un momento dado de la prueba
m _E	MPa	Pendiente de la parte elástica de la curva de extensión de tensión-porcentaje do.
R _{eH}	MPa	Límite de elasticidad superior
R _{eL}	MPa	Resistencia a la fluencia más baja
R _m	MPa	Resistencia a la tracción
R _p	MPa	Resistencia de prueba, extensión plástica
R _r	MPa	Especificada fuerza de deformación permanente
R _t	MPa	Resistencia de prueba, la extensión total de

Las formas que pueden tomar las probetas que serán obtenidas generalmente por medio del mecanizado en frío del producto metálico suelen ser limitadas por forma y dimensiones a partir de las cuales se tomaran las piezas sobre las que se realizara el ensayo de tracción.

La sección transversal de la pieza que será sometida al ensayo destructivo puede ser, circular, rectangular, o en casos especiales alguna sección transversal uniforme, para el estudio

presentado las probetas deberán tener una relación directa entre su longitud original L_o y el área original S_o .

Teniendo en cuenta que lo antes dicho se obtiene:

$$L_o = k * \sqrt{S_o} \quad (3)$$

Donde k es el coeficiente de proporcionalidad de manera que las probetas que se realicen por este método serán conocidas como probetas proporcionales, teniendo como un factor internacionalmente adoptado como $k=5.65$, adicionalmente el valor referencial de la longitud original S_o será menor a 15 mm, cuando se tiene casos especiales como que la sección transversal de la pieza de ensayo es menor al requisito para que k tenga el valor de $k=5.65$, se tendrá que usar un valor mucho más alto preferiblemente $k= 11.3$ o en su defecto se puede utilizar una probeta no proporcional, en cuyo caso dichas piezas tienen a la longitud original L_o independiente de la sección transversal original S_o .

Las piezas utilizadas para el ensayo de tracción están obligadas a ser mecanizadas en frío, es decir fresadas para incorporar un radio de transición entre el área de los extremos donde actuaran las mordazas de la maquina universal y la sección de la longitud paralela, al ser estas dos dimensiones muy diferentes se recomienda tener un radio acorde con el material a ser ensayado que se lo puede revisar en el anexo apropiado de la norma (ver 6.2 de la norma.).

Los extremos de las piezas pueden adaptarse a las mordazas de la máquina de ensayo, para ello el eje de la pieza deberá coincidir con el eje de la aplicación de la fuerza, si la pieza de ensayo no tuviera radios de transición, la longitud paralela L_c . deberá ser mayor a la longitud original L_o para que exista una longitud libre entre las mordazas y la longitud paralela L_c .

Por el contrario si la pieza es mecanizada la longitud paralela L_c . Deberá tener una distancia razonable entre las mordazas y la sección antes mencionada de tal forma que este tipo

de pieza debe tener obligatoriamente un radio que permitirá transmitir correctamente la fuerza aplicada por la maquina en el momento del ensayo teniendo en cuenta que la longitud paralela L_c será mayor que la longitud referencial para así poder obtener la longitud original L_o .

Tipos de probetas.

Las principales clases de ejemplares que se puede obtener están detalladas en el anexo B a E de acuerdo con la norma y el tipo de producto del que se desea obtener un resultado, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Tipo De Sección Transversal Deseada.

Tipo de Sección Transversal.		Anexo correspondiente	
Planchas, Placas y Pisos.		Alambres, varilla y secciones	
			
Espesor a		Diámetro o Lado	
0.1	$a < 3$	-----	B
-----		< 4	C
a	3	4	D
Tubería			E

Tomando como referencia los datos presentes en la tabla presentada anteriormente se deberá tener un espécimen que cumpla con las dimensiones de un largo de 216.46 mm de largo entre las dos placas, con un separación para poder realizar el cordón de soldadura sobre el cual se realizaran los ensayos mecánicos destructivos y no destructivos sobre los ejemplares que se obtendrán a partir de las placas antes mencionadas, de tal modo que una vez realizada el mecanizado de los especímenes se obtendrá una forma como la que se presenta en la figura 21

con un radio de transición necesario para poder aplicar las mordazas de la máquina universal de tracción.

Tabla 8 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Para El Ensayo De Tracción.

Tipo de probeta	Anchura	Longitud inicial entre puntos	Longitud de la parte calibrada		Longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos	Tolerancia del mecanizado	Tolerancia en la forma
			L_c (Mínima)	L_c (Máxima)			
#	b_0	L_0			L_b		
2	20 (+/- 1)	80	90	120	140	+/- 0.10	0.12

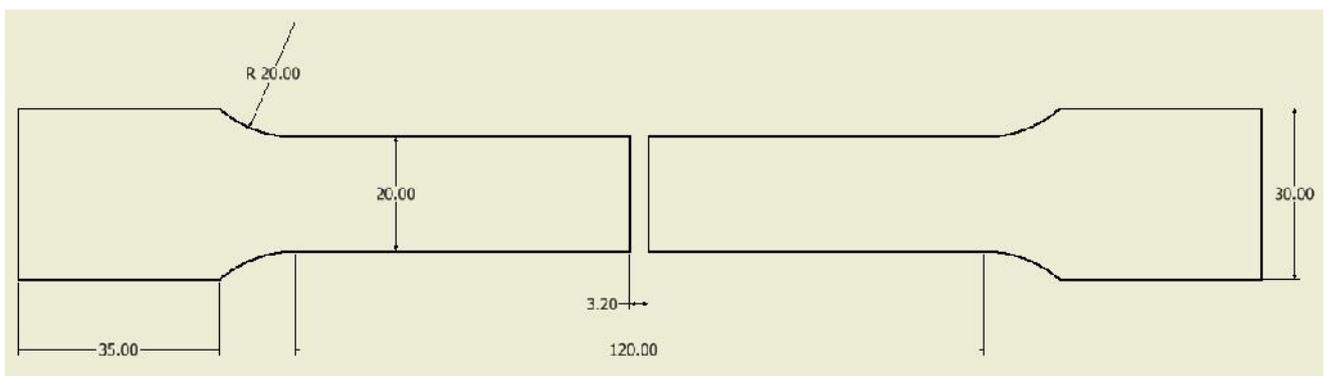


Figura 19. Dimensiones y forma necesaria para la obtención de los especímenes necesarios para e ensayo de tracción.

La probeta que se obtendrá después de realizar el maquinado tendrá que tener la forma presentada en la figura 22. En la que se puede observar el producto final que será sometido a la prueba de tracción, con una longitud total de 216.46 mm, sabiendo que se tendrá una longitud máxima para el ensayo de 120 mm y una longitud mínima de 90 mm, pues la longitud necesaria deberá de ser de 80 mm, para que el resultado sea el esperado, con un ancho de 20 mm en la zona de acción donde se espera que exista la ruptura del

material, al aplicar la fuerza, así también se tendrá una longitud de 35 mm, de largo y 30 mm de ancho lugar donde se pondrán las mordazas para realizar el ensayo, ahí se tendrá el radio de transición de 20mm. con todos estos datos solo hace falta la separación que deberá haber entre las placas que será de 3.20mm para que se realice el respectivo cordón de soldadura, ver figura 21 y figura 22.

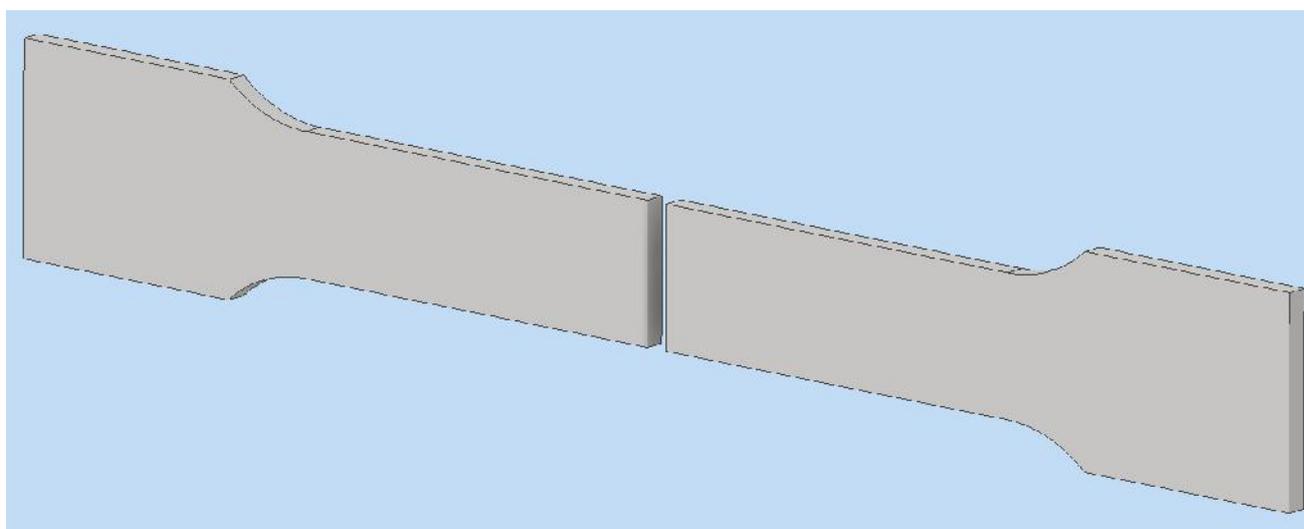


Figura 20. Dimensiones y forma necesaria para la obtención de los especímenes necesarios para e ensayo de Tracción.

Norma ISO 5173 2010 incluyendo el anexo A1 2011.

Esta norma habla acerca de las diferentes pruebas destructivas que se realizaran a las juntas soldadas realizadas en material metálico utilizando el ensayo de doblado.

Esta norma británica es la puesta en práctica por el Reino Unido viniendo de la norma EN ISO 5173: 2010 + A1: 2011. Que es idéntica a la norma ISO 5173: 2009, que se la está utilizando en este estudio, que incorpora la enmienda 1: 2011. Reemplaza a BS EN ISO 5173: 2010, que se retira la participación del Reino Unido en su elaboración fue encomendada al Comité Técnico WEE / 2, que dicta que las pruebas destructivas de las soldaduras, en esta norma

se da un listado necesario para realizar el ensayo de doblado en especímenes de placas soldadas que se detalla en la tabla 9 que da los símbolos y designaciones que utiliza la norma ISO 5173.

Tabla 9. Símbolos Y Designaciones Que Utiliza La Norma ISO 5173 Del 2010 Anexo A1 2011 Para Ensayo De Doblado.

Símbolo	Designación	Unidad
<i>A</i>	porcentaje mínimo de elongación después de la fractura requerida por la especificación de material	%
<i>b</i>	anchura de la muestra de ensayo	mm
<i>b_l</i>	anchura de línea de fusión fuera	mm
<i>d</i>	diámetro primitivo o diámetro del rodillo interior	mm
<i>D</i>	Diámetro externo de una tubería ^a .	mm
<i>I</i>	Distancia entre los rodillos	mm
<i>L_f</i>	distancia inicial entre el contacto del rodillo y la línea de centro de la soldadura	mm
<i>L_o</i>	longitud de referencia original	mm
<i>L_s</i>	anchura máxima de la soldadura después del mecanizado	mm
<i>L_t</i>	longitud total de la muestra de ensayo	mm
<i>r</i>	radio de los bordes del espécimen de prueba	mm
<i>R</i>	radio de los rodillos	mm
<i>t</i>	Espesor de la pieza de prueba	mm
<i>t_c</i>	Espesor del revestimiento	mm
<i>t_s</i>	Espesor de la muestra de ensayo	mm
<i>t_w</i>	Espesor del material base bajo revestimiento	mm
	Angulo de Flexión	°

^a. El término “tubo”, solo o en combinación, se usa para significar “pipe”, “tubo” o “sección hueca (sin sección transversal rectangular)”

Para la obtención de los especímenes que se necesitan para la prueba de doblado se tendrá una longitud inicial entre puntos de 80mm para poder realizar la prueba, y un ancho de 12mm para espesores menores 8mm, con una separación entre placas de 3.2mm para el cordón de soldadura para extraer los especímenes se necesitara una segueta de 2mm de espesor.

Para poder realizar los ensayos de doblado primero se necesita que las probetas estén maquinadas de tal modo que no haya rebaba, escoria o partes del cordón de soldadura que eviten el contacto directo de las placas con los rodillos tal y como se muestra en la figura 23

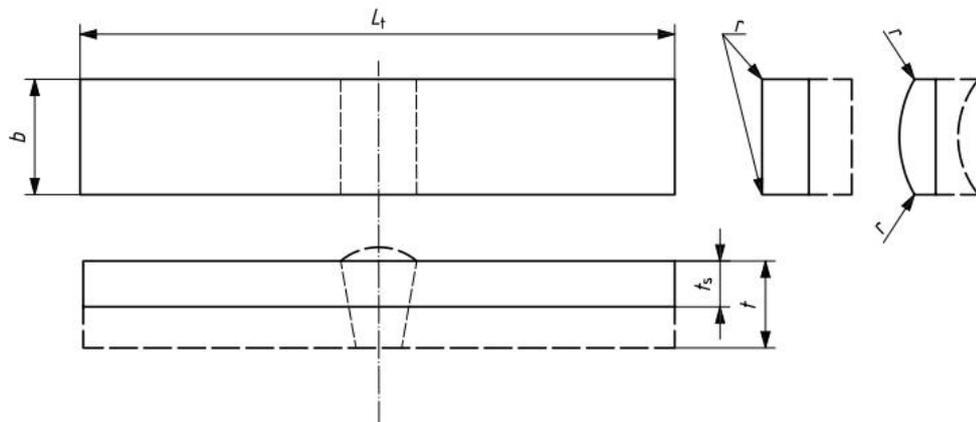
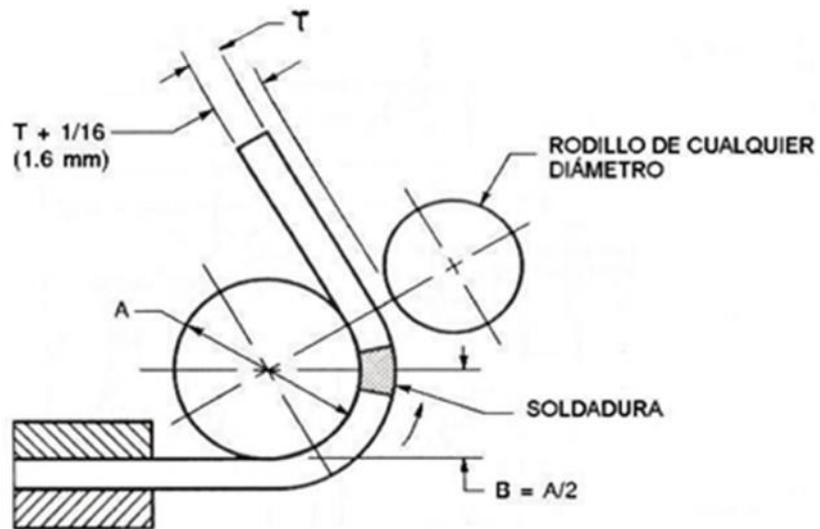


Figura 21. Extracción De Los Especímenes Según La Norma Donde L_t Es Longitud Total, B Es El Ancho De La Probeta, T Es El Espesor Del Material Base Y T_s Es El Espesor De La Muestra De Ensayo (Para Espesores Menores A 8mm $T=T_s$).

Ahora bien como ya se tiene los especímenes listos para la prueba de doblado se necesitan los rodillos adecuados para que la misma arroje los resultados esperados, de tal manera que la selección de los rodillos es muy importante para el estudio y deberán seguir los siguientes lineamientos.

- Dependiendo de los rodillos existentes en el laboratorio se deberá escoger un método de doblado sea el mostrado en a figura 24 o figura 25.
- Se deberá tomar en cuenta el espesor de las probetas para poder realizar la prueba.
- Que la probeta esté correctamente maquinada ara la utilización de los rodillos y que estos no sufran daño alguno al momento de realizar la prueba.



Esfuerzo de Fluencia del Metal Base especificado o actual, psi (MPa)	A pulg.	B pulg.	A mm	B mm
50 000 (345) y menores	1-1/2	3/4	38	19
Desde 50 000 hasta 90 000 (620)	2	1	50	25
90 000 y mayores	2-1/2	1-1/4	65	32

Figura 22. Radios Y Espesores Mínimos Para El Ensayo De Doblado En Chapa Metálica.

Dado el espesor del material base que es de 3mm se procede a escoger un rodillo de doblado con diámetro de 1 ½ pulg o 38.10mm denominado A y tendrán un apoyo de uno o más rodillos de con un radio de A/2 para proceder con el ensayo de doblado.

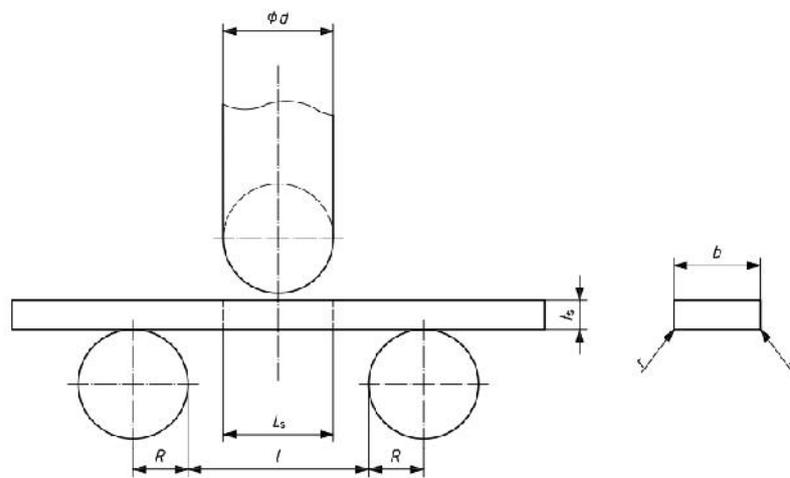


Figura 23. Cara Transversal Antes Del Ensayo Diámetro Y Espesor Mínimo.

Se debrá alinear el eje del cordón de soldadura con el eje de la maquina que debrá coincidir con el eje transversal del rodillo para que la acción de la fuerza sea equitativa sobre ambas partes del espécimen como se muestra en la figura 25, donde se observa que L_s recorriendo de la tabla 9 donde se dice que es igual a la distancia máxima de la soldadura, l la distancia entre rodillos, adicionalmente se necesita un radio de transporte para que los rodillos se deslicen correctamente durante la prueba y evitar que se dañe a los rodillos de apoyo. Teniendo en cuenta que cada parte debe quedar en la mitad se obtendrá un resultado como el que se muestra en la figura 26 donde se puede ver que el cordón de soldadura ha sido sometido a una fuerza y a sufrido un doblez justo en la mitad exponiendo los posibles defectos que esta junta tendría y solo se los podría apreciar si es sometida a un doblez.

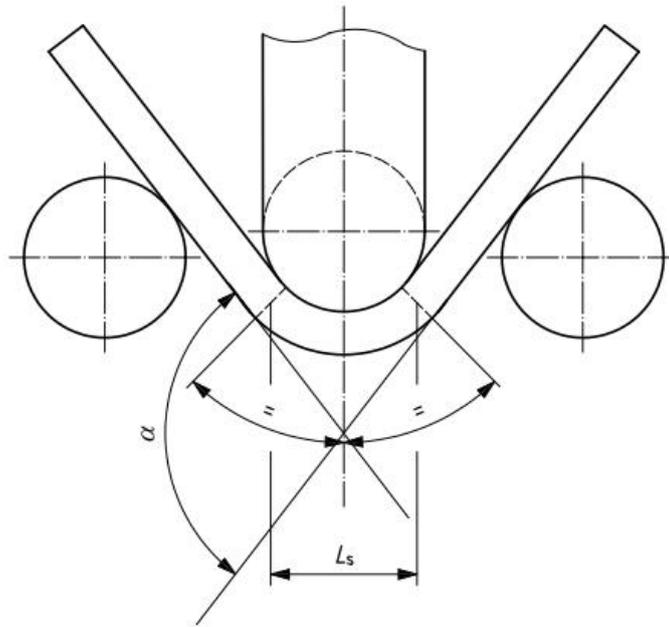


Figura 24. Cara Transversal Después Del Ensayo De Doblado Diámetro Y Espesor
Mínimo.

Criterios de aceptación para el ensayo de doblado siguiendo la norma ISO 5173

Los Criterios de Aceptación para Ensayos de Doblado determinan que los especímenes doblados deberán analizarse en su superficie convexa buscando discontinuidades que no podrán exceder las siguientes dimensiones:

- Ninguna discontinuidad deberá exceder de 3mm (1/8") medidos en cualquier dirección de la superficie.
- La suma de las dimensiones más grandes de todas las discontinuidades que excedan de 1mm (1/32") y sean menores a 3mm (1/8"), no deberá ser mayor a 10mm (3/8").
- La longitud máxima de una grieta de borde debe ser de 6mm (1/4"); excepto cuando es una grieta de borde debida a una inclusión de escoria visible u otro tipo de discontinuidad de fusión, en cuyo caso debe considerarse un tamaño máximo de 3mm (1/8").

- Los especímenes que contengan grietas de borde que excedan los 6mm (1/4") de largo y no tengan evidencia de inclusiones de escoria o cualquier otro tipo de discontinuidad de fusión deberán ser ignoradas, y tendrán que reemplazarse por otras probetas correspondientes, obtenidas de la soldadura original.

Norma ISO 6892 PARTE 1 Utilizada Para El Ensayo De Tracción.

El ensayo de Tensión con Sección Reducida se realiza midiendo el ancho y espesor de la sección reducida en la probeta. Luego, se coloca la probeta en la máquina de ensayos y se le aplica la carga de tensión axial. Después, se registrará la carga máxima utilizada en la probeta y se calculará el esfuerzo máximo dividiendo dicha fuerza para el área de sección transversal de la probeta en su sección reducida (ver imagen25).

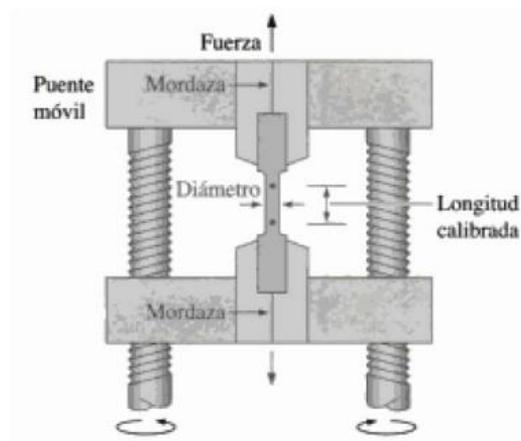


Figura 25. Esquema De Ensayo De Tracción Para Especímenes De Sección Reducida

(Askeland, 2010)

El Criterio de Aceptación para Ensayos de Tensión con Sección Reducida consiste en que el esfuerzo máximo obtenido para la probeta ensayada, no deberá ser menor al esfuerzo de tensión del metal base. La Tabla 3.1 del código muestra el Rango de Tensión para los distintos aceros estructurales. Si las probetas fueran soldadas con dos aceros de diferente especificación,

el esfuerzo de tensión calculado no deberá ser inferior al menor esfuerzo de tensión entre los dos metales base.

Los instrumentos para medición de la carga aplicada, dependiendo del equipo acoplado a la máquina, nos pueden dar la información en forma analógica, realizando un registro gráfico con plumilla sobre papel (Escala: 1 cuadro=100 Kg), o a través de un sistema computarizado que recibe la información de la fuerza aplicada y capta mediante una fotocelda la deformación en la probeta; pudiendo obtenerse con este método diferentes tipos de gráficos y cálculos, e imprimirlos

Una vez que se estableció los criterios para la aceptación del ensayo de tensión se puede decir que se usara la norma ISO6892-1 del 2010 que trata sobre el ensayo a tracción que es a temperatura ambiente y la parte 1 de la norma, en esta parte de la norma ISO 6892 especifica el método para el ensayo de tracción de materiales de chapas metálicas y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente

El anexo B de la norma habla sobre los tipos de piezas que se han de utilizar para la realización del ensayo cuando se tiene espesores iguales o mayores a 3 mm, en la tabla 7 se pueden observar las diferentes designaciones y símbolos que utiliza la norma para su seguimiento.

Tabla 10. Simbología Y Designación Para El Ensayo De Tracción.

<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Designación</i>
<i>Pieza o probeta de prueba</i>		
T_1	mm	Espesor original de una pieza de ensayo plana o espesor de pared de un tubo
T_2	mm	Anchura original de la longitud paralela de una probeta plana o anchura media de la tira longitudinal tomada a partir de un tubo o Anchura de alambre plano
re_o	mm	Diámetro original de la longitud paralela de una pieza de ensayo circular, o el diámetro de alambre redondo o diámetro interno de un Tubo
re_o	mm	Diámetro externo original de un tubo
L_o	mm	Longitud de referencia original de
L'_o	mm	Longitud de referencia inicial para la determinación de UNA wn (véase el anexo I)
L_{do}	mm	Longitud paralela
L_{mi}	mm	Extensómetro longitud de calibre
L_t	mm	Longitud total de la pieza de ensayo
L_u	mm	Longitud final de calibre después de la fractura
L'_u	mm	Longitud final de calibre después de la fractura para la determinación de UNA wn (véase el anexo I)
S_o	mm ²	Original de área de sección transversal de la longitud paralela
S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la fractura
k	-----	Coefficiente de proporcionalidad (véase 6.1.1)
Z	-----	% Porcentaje de reducción de área

Para realizar con éxito el ensayo se deben tomar en cuenta los factores detallados en la tabla 10 donde se detalla los límites elásticos y de resistencia que se debe tener las probetas para dar el resultado esperado en la prueba de tracción tal como:

- El módulo de elasticidad del material base
- El límite de elasticidad superior
- La resistencia a la fluencia más baja del material base
- La resistencia a la tracción
- La resistencia de prueba o extensión plástica del material

- Fuerza de deformación permanente especificada
- Resistencia de prueba. La extensión total de la deformación

Tabla 11. Límites Elásticos Y De Resistencia Para La Prueba De Tracción.

<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Designación</i>
<i>Pieza o probeta de prueba</i>		
E	MPa ^b	El módulo de elasticidad del material base
m	MPa	pendiente de la curva de extensión de tensión-porcentaje en un momento dado de la prueba
m_E	MPa	pendiente elástica de la parte de la curva de extensión de tensión o porcentaje ^c
R_{eH}	MPa	La resistencia a la fluencia más baja del material base
R_{eL}	MPa	longitud de referencia original de
R_m	MPa	La resistencia a la tracción
R_p	MPa	La resistencia de prueba o extensión plástica del material
R_r	MPa	Fuerza de deformación permanente especificada
R_t	MPa	Resistencia de prueba. La extensión total de la deformación

a símbolo usado en las normas de productos de tubo de acero

b $1\text{MPa} = 1\text{Nmm}^{-2}$

c En la parte elástica de la curva de extensión de tensión-porcentaje, el valor de la pendiente puede no corresponderse con el módulo de elasticidad. Este valor puede estrechamente de acuerdo con el valor del módulo de elasticidad si se utilizan condiciones óptimas (alta resolución, de doble cara, extensómetros de promediación, la perfecta alineación de la pieza de ensayo, etc.).

PRECAUCIÓN - El factor 100 es necesario si se utilizan los valores porcentuales

Norma ISO 6506-1 Ensayos Destructivos Para Materiales Metálicos, Parte 1

Prueba De Dureza De Uniones Soldadas.

Esta norma se enfoca en la dureza que se produce en el cordón de soldadura y zonas aledañas al mismo en concreto la parte 1 de la norma trata exclusivamente sobre el ensayo que debe realizarse en materiales metálicos a las juntas soldadas.

Para ello se necesita del sangrado o esfera que se presionara tanto en el material base como en el área afectada por el arco eléctrico al momento de realizar el cordón de soldadura en la tabla 12 se muestra las diferentes esferas de diámetro necesario para provocar la muesca u medir la dureza de la muestra en cuestión.

Tabla 12 Diámetros de esferas y Fuerzas necesarias para la prueba de dureza.

SÍMBOLO DE LA DUREZA	DIÁMETRO DE LA ESFERA r_e (mm)	FUERZA PROPORCIONAL EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO	FUERZA DE PRUEBA
		$0.12 * \frac{F}{D^2}$ N mm ²	F N
HBW 10 / 3000	10	30	29420
HBW 10 / 1500	10	15	14710
HBW 10 / 1000	10	10	9807
HBW 10 / 500	10	5	4903
HBW 10 / 250	10	2.5	2452
HBW 10 / 100	10	1	980.7
HBW 5 / 750	5	30	7355
HBW 5 / 250	5	10	2452
HBW 5 / 125	5	5	1226
HBW 5 / 62.5	5	2.5	612.9
HBW 5 / 25	5	1	245.2
HBW 2.5 / 187.5	2.5	30	1839
HBW 2.5 / 62.5	2.5	10	612.9
HBW 2.5 / 31.25	2.5	5	306.5
HBW 2.5 / 15.625	2.5	2.5	153.2
HBW 2.5 / 6.25	2.5	1	61.29
HBW 1 / 30	1	30	294.2
HBW 1 / 10	1	10	98.07
HBW 1 / 5	1	5	49.03
HBW 1 / 2.5	1	2.5	24.52
HBW 1 / 1	1	1	9.807

Recordando que se tiene que realizar la muesca se debe tomar en cuenta los diámetros

expuestos anteriormente y deberá quedar como se muestra en la figura 27.

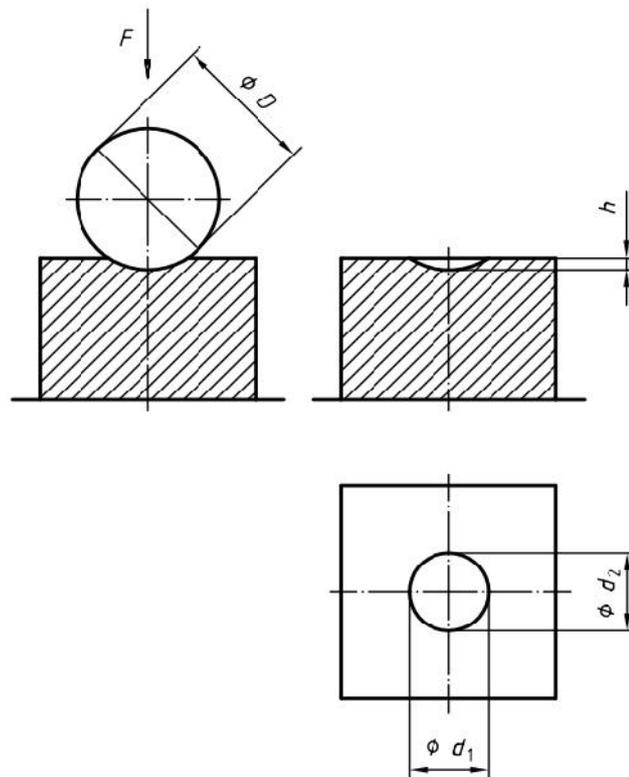


Figura 26 Esquema De la muesca realizada por la esfera en el material a ser analizado.

**Norma ISO 9015 – 2 Ensayos Destructivos Para Materiales Metálicos, Parte 2
Prueba De Macroestructura De Uniones Soldadas.**

Ensayo Metalográfico.

El ensayo metalográfico aplicado a una soldadura también es llamado Ensayo de Macro Fusión, debido a que sirve para analizar la correcta fusión entre el metal de aporte y las paredes del metal base, así como entre las capas de metal base. También se verifica que el perfil del cordón de soldadura tenga características aceptables.

Para efectuar este ensayo se debe extraer una muestra del metal soldado y procurarle una superficie plana. Luego, se tienen que esmerilar los bordes cortantes y se prepara la

superficie a examinar, de tal manera que se obtenga primero un pulido grueso con lijado sucesivo en lijas de números: 180, 220, 360, 400 y 600; posteriormente, se procede a realizar un pulido fino con óxido de aluminio en pasta, Alúmen (Al_2O_3), sobre un paño giratorio en una máquina especial.

Una vez obtenido el acabado de pulido fino deseado, se realiza el ataque químico a la superficie de la muestra con el compuesto químico respectivo, dependiendo del tipo de material a ensayar. En el caso del acero se emplea Nital al 3% diluido en agua. Finalmente, se observa la superficie de la muestra en un microscopio de ensayo metalográfico, el cual a su vez puede proporcionar fotografías polaroid de la muestra.

El Criterio de Aceptación para el ensayo metalográfico según la norma ISO 9015-2

Se puede decir que el espécimen ensayado al ser inspeccionado visualmente al microscopio debe cumplir los siguientes requerimientos:

- En soldaduras de ranura con penetración parcial en la unión: el tamaño actual de la soldadura debe ser igual o más grande que el tamaño de la soldadura especificado,(E).
- En soldaduras de filete, deberá de haber fusión en la raíz de la unión, pero no necesariamente más allá.
- El mínimo tamaño del pie de la soldadura deberá tener el tamaño de la soldadura de filete especificado.
- Las soldaduras de ranura con penetración parcial en la unión y las soldaduras de filete deberán cumplir lo siguiente:

Se puede apreciar que existe una zona afectada térmicamente que esta contigua a la zona del material base y al material que ha sido fundido gracias al arco eléctrico como se puede ver en la figura 28, para que este con una calidad superficial conocida como espejo lista para que se pueda poner en contacto con el ácido y de esa manera visualizar los granos del metal y las diferentes zonas que caracterizan una junta soldada.

Para este trabajo se procederá a realizar en los ensayos mecánicos con el material ASTM A36 por sus características mecánicas y su uso en la manufacturación de las estructuras de buses interprovinciales por parte de las carroceras que las fabrican.

Se deberá realizar las placas para la extracción de las probetas usando las normas antes detalladas, estas placas deberán tener un ancho de 216.50 mm y un largo de 300mm, al momento de extraer las probetas se tiene que utilizar una segueta de 2mm de espesor y el corte deberá ser en frio o refrigerado por lubricante para que no se altere la microestructura.

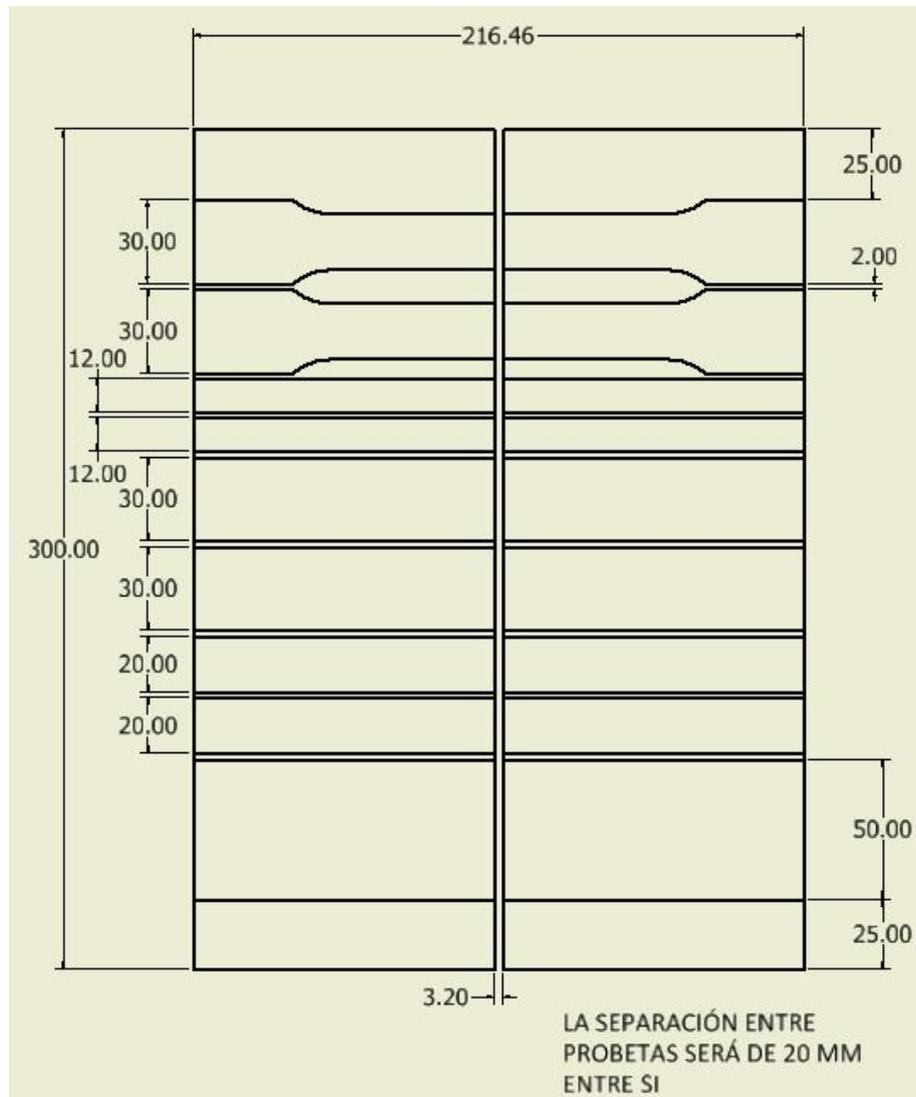


Figura 28. Esquema De Corte Para La Obtención De Las Probetas.

Para la extracción de las probetas se desechará 25mm de la parte superior y 25mm de la parte inferior para así evitar las zonas críticas.

Las probetas enumerándolas desde el inicio de la placa se obtendrá los siguientes especímenes dados en la tabla 13.

Tabla 13. Cantidad De Probetas Extraídas De La Placa Base Y Ensayo A Las Que Serán Sometidas.

<i>Numero de probetas</i>	<i>Designación</i>	<i>ensayo</i>
2	Probetas mecanizadas con espacio para las mordazas.	ISO 6892 Parte 1 Ensayo De Tracción
2	Probetas mecanizadas	ISO 5271 ANEXO A1 Ensayo De Doblado
2	Probetas mecanizadas	ISO 9015 – 2 Ensayo de Dureza
2	Probetas mecanizadas	ISO 9015 – 2 Ensayo metalográfico de microestructura
1	Corte de contingencia (usado solo si se daña una probeta)	

Una vez que se ha obtenido las respectivas probetas se procederá a realizar todos los ensayos destructivos para las que fueron diseñadas.

Resultados

Como primera acción se realizaron las juntas soldadas en una placa de acero ASTM A36 de dimensiones 216.5 mm de ancho por 300 mm de largo, espacio suficiente para poder extraer de ahí todas las probetas necesarias como son las probetas para el ensayo de tracción, las probetas para el ensayo de doblado, las probetas para el ensayo de dureza y para el ensayo de micro estructura, al tener un espesor de 3mm se deberá tener un espacio entre placas de 3.20 mm como se muestra en la figura 29 para proceder a cortarlas con una segueta de 2 mm de espesor como se especifica en la norma, para poder obtener las probetas deberán ser cortadas en frío a temperatura ambiente previa la inspección visual y la prueba de tintas penetrantes que es el primer filtro para que las placas puedan pasar a la siguiente fase que es su extracción, para poder someter a los especímenes obtenidos a los diferentes ensayos destructivos como son el ensayo de tracción, el ensayo de doblado, el ensayo de dureza, el ensayo de microestructura, los cuales arrojaran los datos necesarios para poder ser comparados con los datos que nos da la norma y saber si están dentro del rango, si estos son superiores a las expectativas o si están fuera del rango en cuyo caso se diría que el proceso no es válido.

Presentación De Resultados De Pruebas

Inspección Visual De Las Placas Base.

Tal y como se dijo anteriormente, para que las placas base puedan pasar a la siguiente fase aprobando esta inspección, deben cumplir obligatoriamente una serie de criterios y así seguir adelante con las demás pruebas, precisamente la tabla 14 da a conocer los resultados que se obtuvieron de las placas base y se pueda comparar los procesos SMAW y GTAW (MIG/MAG), dado que el informe de la prueba se lo encuentra en el Anexo 2 , al compararlos

podremos saber qué proceso es el más adecuado para las juntas soldadas en la estructura de un bus.

Tabla 14. *Tabla de comparación por inspección visual de procesos SMAW y GTAW (MIG)*

Norma ISO 5817

	Proceso De Soldadura SMAW		Proceso De Soldadura GTAW (MIG/MAG)	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Prohibición De Grietas	X		X	
Fusión De La Soldadura Del Metal	X		X	
Cráteres En La Sección Transversal	X		X	
Perfiles De Soldadura	X		X	
Tiempos De Soldadura	X		X	
Disminución De Tamaño De Cordón De Soldadura	X		X	
Socavamiento	X		X	
Porosidades En El Cordón	X		X	

Inspección Por Tintas Penetrantes De Las Placas Base.

La inspección por tintas penetrantes se realiza una vez que las placas base hayan pasado la inspección visual y se desee saber si hay porosidades o imperfecciones que no sean visibles inmediatamente además de revelar si hay fisuras o grietas pasantes que debiliten la junta soldada convirtiéndose en concentradores de esfuerzo que podrían estar en peligro a toda la estructura, pues si existieran estas imperfecciones toda la junta sería inaceptable y tendría que entrar en proceso de reparación. En la figura 30 se presenta el kit de tintas penetrantes utilizadas en el estudio.



Figura 29. Kit De Tintas Penetrantes De Origen Alemán

Según la norma las placas base tendrán que cumplir estrictamente los criterios de aprobación descritos con anterioridad obteniendo así la tabla 15 que presenta los resultados obtenidos de la aplicación de las tintas penetrantes.

Se debe tener en cuenta que para la aplicación del kit penetrante deberá existir una limpieza previa de las placas base pues si no se toma estas precauciones la prueba no sería válida y los resultados que se tendrían en este punto no serían los reales y por ende no tendrían importancia significativa pues se diría que estos son falsos al no haber tenido la aprobación total de los parámetros que dicta la norma ISO 5817 para el uso de tintas penetrantes en juntas soldadas, y justamente el estudio quedaría invalido para demostrar que proceso es el más eficaz para el ensamble de la estructura de un bus.



Figura 30. Placa base con proceso GMAW Material ASTM A-36

En la figura 31 se puede observar la placa base donde se utilizó el kit de tintas penetrantes que expondrán las imperfecciones de dichas juntas, al tener los poros o fisuras expuestas con mayor facilidad gracias al líquido revelador se puede confirmar si esta placa pasa la prueba o no pasa, pues el número mínimo de imperfecciones por mm^2 que debería de existir

sería de 1 a 2 poros con un separación de 100 mm de largo para que sea aceptada, se debe recordar que estas imperfecciones serán los futuros concentradores de esfuerzo en la estructura.

Tabla 15. *Tabla de comparación por inspección de tintas penetrantes de procesos SMAW y*

GTAW (MIG/MAG)

	Proceso De Soldadura SMAW		Proceso De Soldadura GTAW (MIG/MAG)	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Prohibición De Grietas	X		X	
Fusión De La Soldadura Del Metal	X		X	
Cráteres En La Sección Transversal	X		X	
Perfiles De Soldadura	X		X	
Mínimo Número De Porosidades	X		X	
Disminución De Tamaño De Cordón De Soldadura	X		X	
Socavamiento	X		X	
Fisuras Encontradas En El Cordón	X		X	
Fisuras Pasantes En El Cordón	X		X	
Porosidades Pasantes En El Cordón	X		X	
Revisión Por El Anverso De La Placa Base	X		X	
Revisión Por El Reverso De La Placa Base	X		X	

Ensayo de tracción y finalización de la probeta extraída.

Para la realización del ensayo de tracción se deberá tener mínimo 2 probetas por proceso para que el estudio quede aceptado según las normas ISO6892 e ISO5173, los especímenes deben tener las dimensiones presentadas en la figura 20.

Se debe recordar que todas las probetas tienen que ser maquinadas para poder obtener el radio de transacción necesario para la aplicación de la fuerza de tracción, con esto se espera conseguir el alargamiento necesario como se presenta en la figura 35, que nos muestra la deformación sufrida por las probetas en función de la carga.

Probetas con proceso SMAW electrodo E6011.

Donde la línea azul es el análisis de la primera probeta realizada con el proceso SMAW electrodo E6011 y la línea roja es de la segunda probeta realizada con el mismo proceso SMAW utilizando también el electrodo E6011 donde se puede observar que la deformación máxima de 20 mm con una precarga de fuerza con valor de 500 N para ambas probetas obteniendo una carga máxima de 452,50 MPa para la probeta número 1 y de 408.33 MPa como carga máxima para el espécimen 2 como se muestra en la tabla 16 que detalla las cargas máximas antes de la deformación y ruptura.

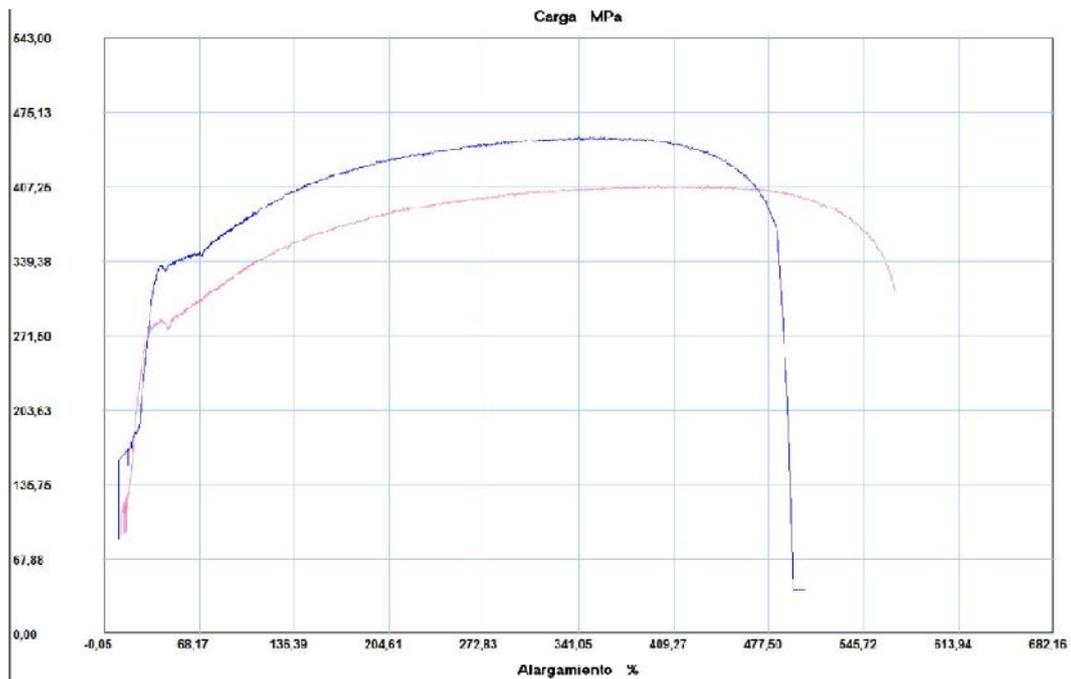


Figura 31. Diagrama De Carga Para Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011 Material Base ASTM A36.

Tabla 16. Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	27150,01	22850,00	20050,00	452,50	380,83	334,17
2	24500,00	18750,00	16900,00	408,33	312,50	281,67

Una vez que se ha definido la carga a las que la probetas estará sometida, se procede a ver la fuerza máxima que los especímenes soportaron antes de su deformación y ruptura, que se muestran en la figura 36 recordando que los cupones maquinados fueron soldados bajo el proceso SMAW con electrodo E6011.

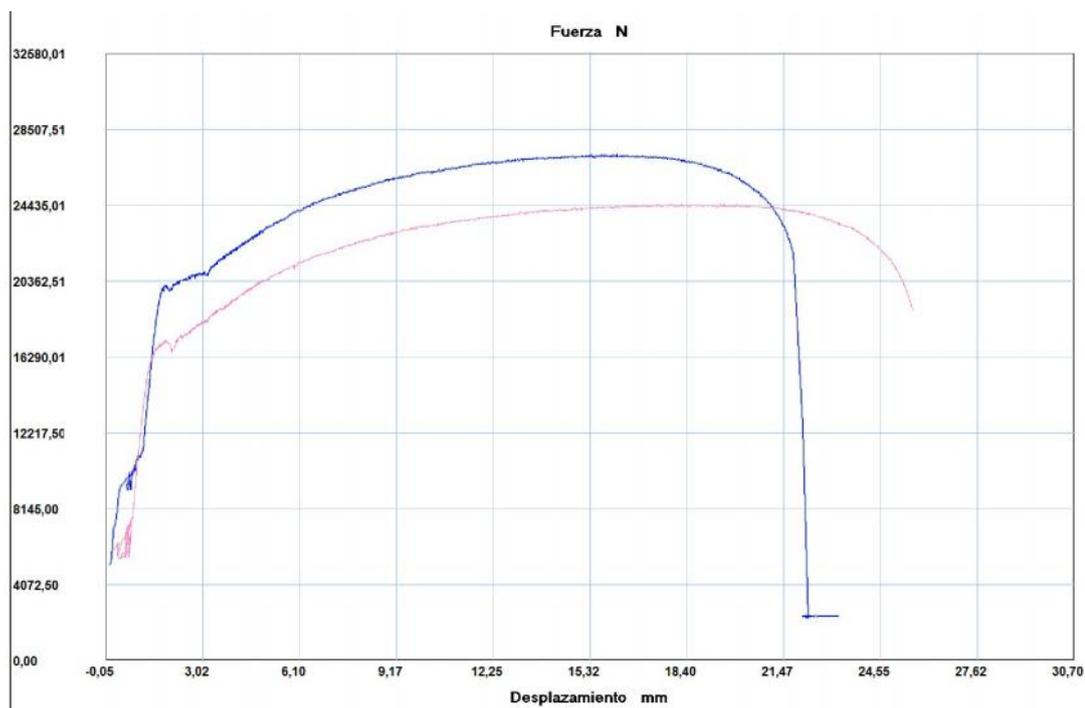


Figura 32. Diagrama De Fuerza Para Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.

Como se muestra en la figura 36 existe un alargamiento promedio de 27,5 mm antes de la ruptura y con una fuerza máxima de 27150,01 N para la primera probeta y una fuerza máxima de 24500,01 N para el segundo cupón teniendo así una fuerza máxima promedio de 25825 N.

Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), electrodo ER70 S-6.

De igual manera se procederá a realizar la misma prueba a las probetas soldadas con proceso GMAW (MIG/MAG), al igual que en las gráficas anteriores la línea azul es el análisis de la primera probeta realizada con el proceso GMAW (MIG/MAG) utilizando el electrodo ER70 S-6 y la línea roja es de la segunda probeta realizada con el mismo proceso GMAW (MIG/MAG) utilizando también el electrodo ER70 S-6 donde se puede observar que la deformación máxima de 20 mm como promedio con una precarga de fuerza con valor asignado de 500 N para ambas probetas. Se arrojó los siguientes resultados una carga máxima de 525,83

MPa para la probeta número 1 y de 503,33 MPa como carga máxima para el espécimen 2 como se muestra en la tabla 17

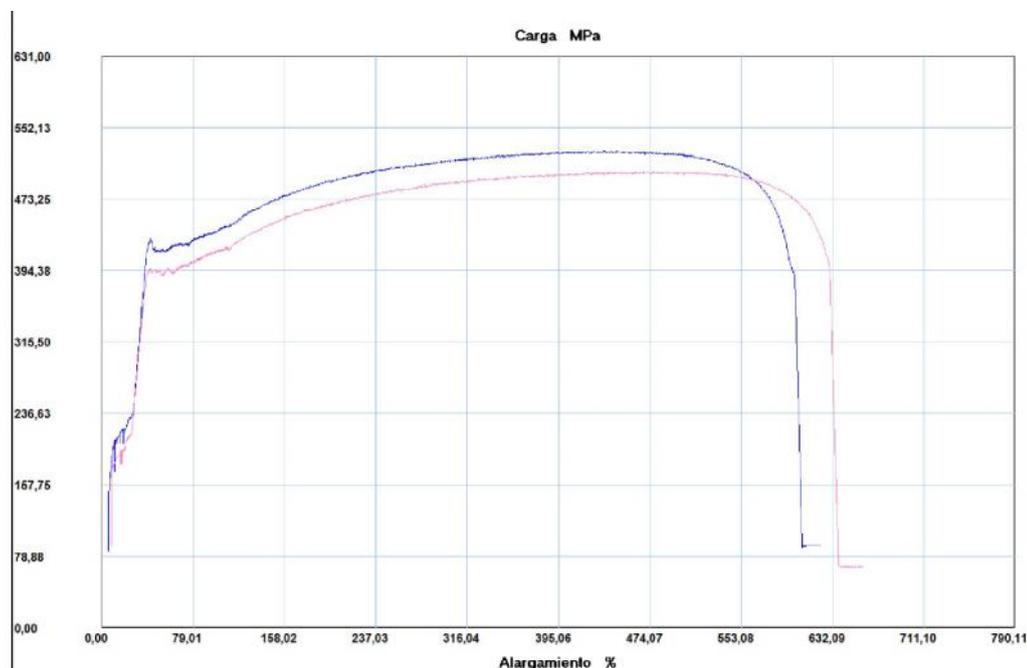


Figura 33. Diagrama De Carga Para Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG)

Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.

Tabla 17. Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax Mpa	CRot Mpa	C.Yield Mpa
1	31550,01	25900,01	25450	525,83	431,67	424,17
2	30200,01	23800	23600	503,33	396,67	393,33

Una vez que se ha definido la carga a las que la probetas estará sometida, se procede a ver la fuerza máxima que los especímenes soportaron antes de su deformación y ruptura, que se muestran en la figura 36 recordando que los cupones maquinados fueron soldados bajo el proceso GMAW (MIG/MAG) con electrodo ER70S-6.

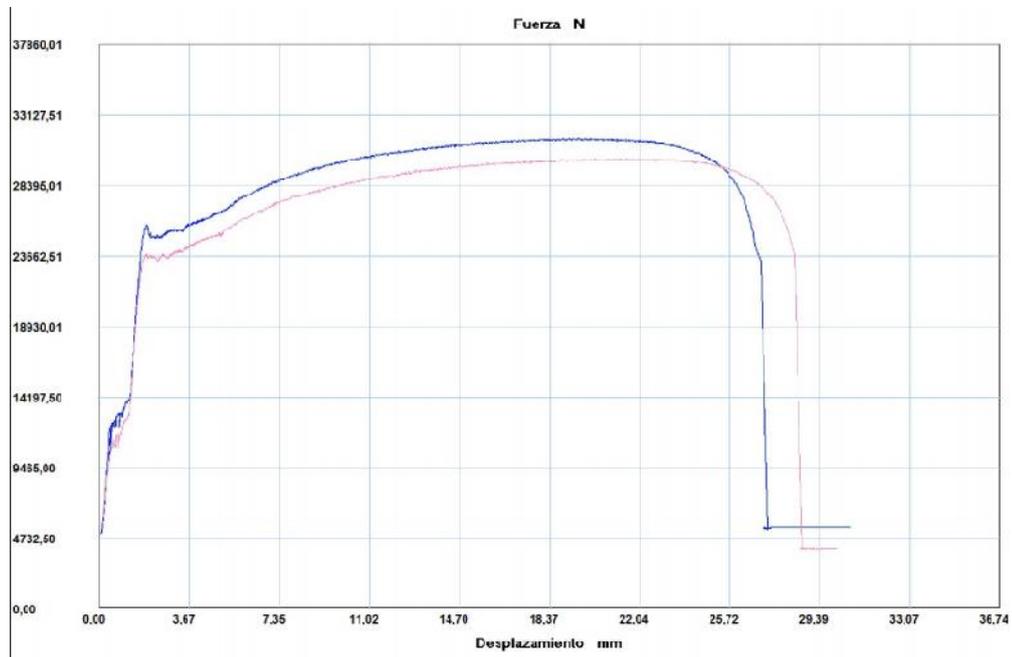
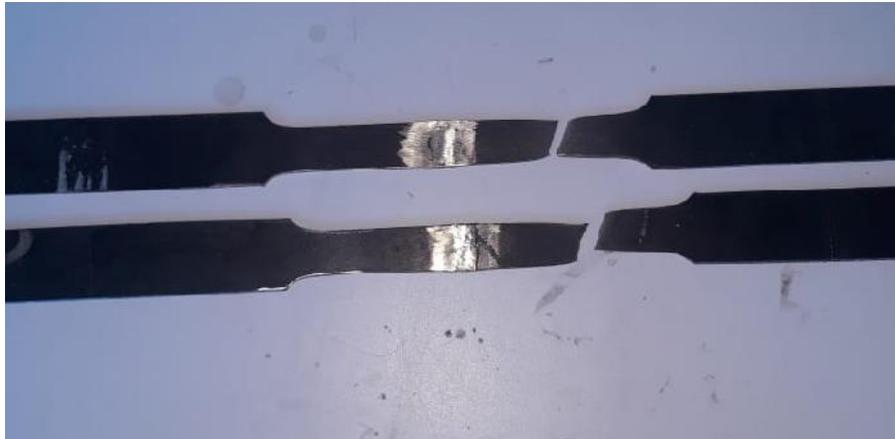


Figura 34. Diagrama De Fuerza Para Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG)

Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.

Como se muestra en la figura 38 existe un alargamiento promedio de 27,5 mm antes de la deformación y la ruptura, obteniendo una fuerza máxima de 31550,01 N para la probeta número 1 y de 30200,01 N para el cupón 2 teniendo así finalmente una fuerza máxima de 30700 N como promedio para un material ASTM A36 de espesor 3 mm soldado con proceso GMAW (MIG/MAG) electrodo ER70S-6, para obtener los resultados de ruptura en las probetas como se muestra en la figura 39.

a)



b)



Figura 35. a) Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, b) Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.

Ensayo De Dureza De Las Probetas Extraídas.

El ensayo de dureza que se realizó a los cupones provenientes de las placas base fue realizado bajo la norma ISO 6596 parte uno que trata sobre la prueba de dureza Brinell.

La cual dicta que la prueba de dureza debe ser realizada a una temperatura promedio de 20 °C a 25 °C y así poder obtener resultados más confiables.

Se necesitara tomar la muestra de distintas zonas dentro de la probeta para de esta manera tener valores de dureza: de la zona fundida (ZF), la zona afectada térmicamente (ZAT), el límite entre la zona afectada térmicamente y la zona fundida (ZF/ZAT) y por último el material base.

Probetas con proceso SMAW electrodo E6011 (Ensayo de dureza Brinell).

En la tabla 18 se presenta los resultados obtenidos de la realización de la prueba para un espesor de plancha de 1 a 5 mm con una esfera de diámetro 1mm a temperatura de laboratorio de 23.5 °C, condiciones necesarias para la obtención de los siguientes datos.

Tabla 18. *Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.*

Probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Medición ZF	Dureza BRINELL		Medición MB
				Medición ZF/ZAT	Medición ZAT	
1	23,7	54,6	143	126	103	92
2	23,7	54,6	146	131	97	90

Los cupones después de realizada la prueba y ser sometidos a una esfera de Diámetro 1mm, se deberán tener como se muestra en la figura 37, en cada cupón se hará 4 muescas como se indica en la figura, es recomendable que cada muestra se tome en la mitad del sector en donde se desea saber la dureza de la zona, la muestras pueden ser tomadas con una separación mínima de $D/2$ del diámetro de la esfera ocupada en el instante de realizar la prueba, para que así sea más confiable los resultados que se tendría.

Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS. Modelo SZ61TR Serie: 4H04565
 Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5 Magnificación: 6.7 a 45X

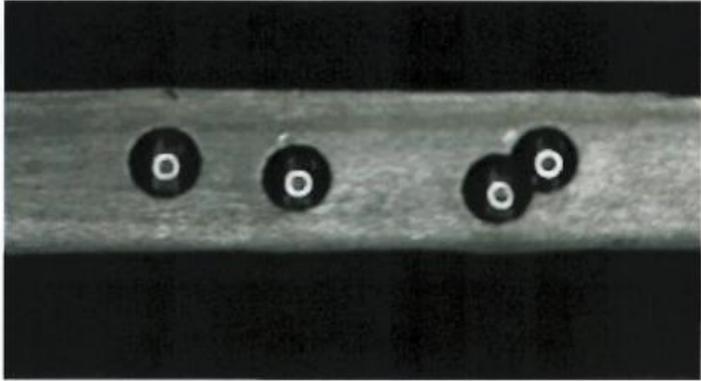
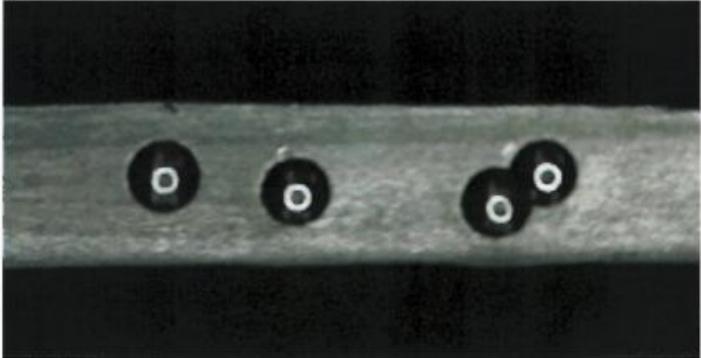
Probeta	Identificación de probeta
3	171809894820190129-EDB 02-1
	
4	171809894820190129-EDB 02-2
	

Figura 36. Especímenes Con Proceso SMAW electrodo E6011, Material Base ASTM A36, Prueba de Dureza BRINELL.

Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), electrodo ER70 S-6 (Ensayo de dureza Brinell).

En la tabla 19 se presenta los resultados obtenidos de la realización de la prueba para un espesor de plancha de 1 a 5 mm con una esfera de diámetro 1mm a temperatura de laboratorio de 23.5 °C, condiciones necesarias para la obtención de los siguientes datos.

Tabla 19. *Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36*

Probeta	Temperatura	Humedad Relativa (%)	Medición ZF	Dureza BRINELL		
				Medición ZF/ZAT	Medición ZAT	Medición MB
1	23,5	55,6	199	149	122	100
2	23,5	55,6	184	150	114	98

Las probetas después de realizada la prueba y ser sometidos a una esfera de Diámetro 1mm, se deberán tener como se muestra en la figura 38, en cada cupón se hará 4 muescas como se indica en la figura, es recomendable que cada muestra se tome en la mitad del sector en donde se desea saber la dureza de la zona, la muestras pueden ser tomadas con una separación mínima de $D/2$ del diámetro de la esfera ocupada en el instante de realizar la prueba, para que así sea más confiable los resultados que se tendría.

Como se puede apreciar claramente se tiene una mayor dureza en los especímenes que provienen de las placas base realizadas bajo el proceso GMAW (MIG), teniendo en cuenta los factores que se han propuesto con anterioridad, y viendo los resultados obtenidos se deja en claro que el Proceso SMAW es menos eficiente en dureza que el proceso GMAW pues se observa que en la zona de material fundido es 199 BRINELL como la máxima dejando así una dureza de 150 BRINELL en la zona combinada entre la zona fundida y la zona afectada térmicamente, es de esta manera que se puede estimar que la zona afectada térmicamente supera al rango normal de dureza de 100 BRINELL.

Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS. **Modelo** SZ61TR **Serie:** 4H04565

Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5

Magnificación: 6.7 a 45X

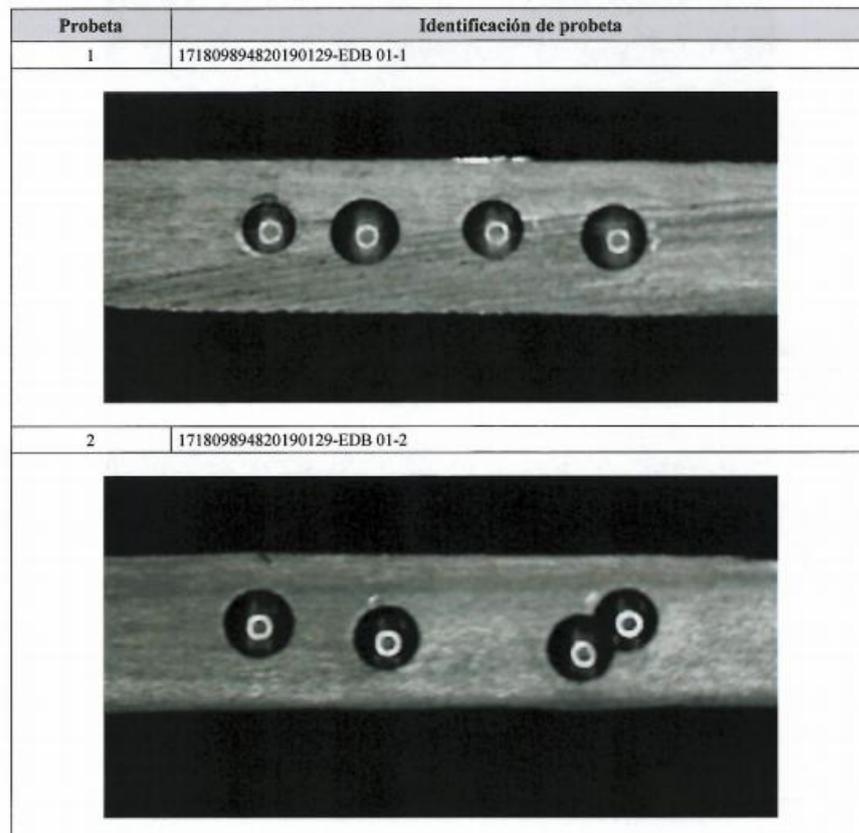


Figura 37. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 arriba, Material Base ASTM A36, Prueba de Dureza BRINELL.

Ensayo De Macro Estructura En Las Probetas Extraídas.

Con el ensayo de Macro estructura se espera observar la unión que se da al producirse el arco eléctrico que da las condiciones para fundirse el material base con el electrodo utilizado, dejando ver las zonas de importancia en la probeta que en las que se ven los límites entre el cordón de soldadura, la zona afectada térmicamente, y el material base, teniendo en cuenta que estos límites son fundamentales en el análisis de las probetas, pues se necesita saber si está correctamente fundido el material del electrodo con el material base gracias al arco eléctrico debido al amperaje requerido y la velocidad de soldadura que dictan que la junta soldada ha sido exitosa y sin ninguna falla o fisura.

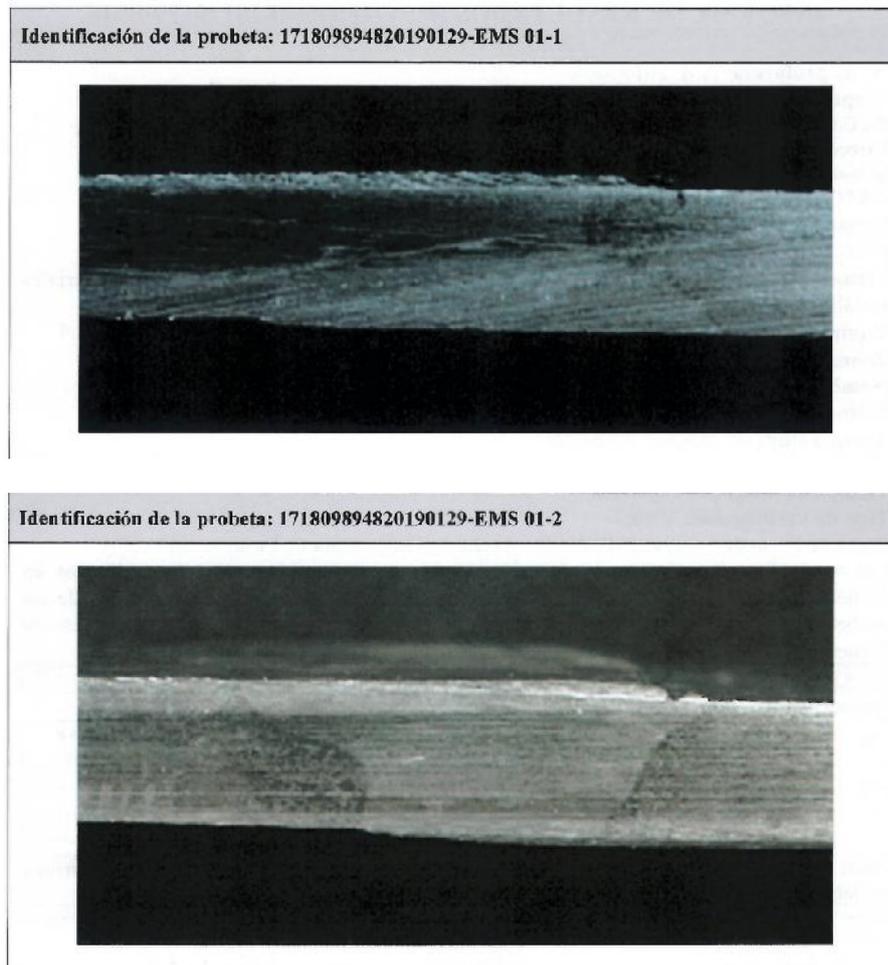
Probetas con proceso SMAW Electrodo E6011 (Ensayo de macro estructura).

Figura 38. Especímenes Con Proceso SMAW electrodo E6011, Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.

Como se puede ver están bien formadas las zonas tanto del cordón como del límite que forma la zona del cordón con la zona del material base que es denominado la zona de afectación térmica, la cual se sabe que debe tener mayor dureza que el resto de las zonas y debe ser continua sin fisuras ni poros o defectos que hagan concentradores de esfuerzo y disminuyan la eficiencia de la junta.

Como se observa en la imagen 39 las zonas son continuas y no existen fisuras o poros que den paso a la concentración de esfuerzos la transición entre las diferentes zonas es limpia y sin desperfectos denotando la mano experta del técnico soldador que se necesita para este tipo de juntas.

Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), Electrodo ER70 S-6 (Ensayo de macro estructura).

En el proceso GMAW se trabaja con el arco eléctrico protegido por gas, dicha protección es necesaria para evitar la oxidación que produce poros, discontinuidades, y fisuras tanto dentro como fuera del cordón, utilizando una alimentación continua con un electrodo ER70 S-6 que produce una junta soldada óptima para las necesidades deseadas, teniendo en cuenta que el espesor de la plancha es de tres milímetros el proceso GMAW (MIG/MAG), es el más apto para realizar juntas soldadas con espesores delgados teniendo una zona afectada térmicamente con una longitud menor que las mostrada por las probetas soldadas con proceso SMAW, tal y como se muestra en la figura 40.



Figura 39. *Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 , Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura imperfecciones.*

El espécimen mostrado en la figura anterior se observa discontinuidades, (poros) que se han alojado cerca de las caras laterales de las probetas dichas discontinuidades están dentro de las limitantes

de la norma para que este se encuentre dentro de los parámetros y así pueda tener la resistencia necesaria que se desea en este tipo de juntas.

En la figura 41 se puede observar una estructura perfecta que casi no distingue la zona del cordón, de la zona afectada térmicamente, así como el límite existente entre las mismas, teniendo en cuenta de que la zona en la que actúa el arco eléctrico es menor y más focalizada, que el área donde actúa el electrodo revestido dejando escoria y una área más amplia que es afectada térmicamente, debido a esto se considera que esta área es la más crítica en toda la junta soldada, pues se espera ahí que exista la ruptura mostrada en el ensayo de tracción con esto se quiere decir que se esperaría una ruptura si existe el esfuerzo necesario fuera de la zona afectada térmicamente es decir aproximadamente 20 mm.

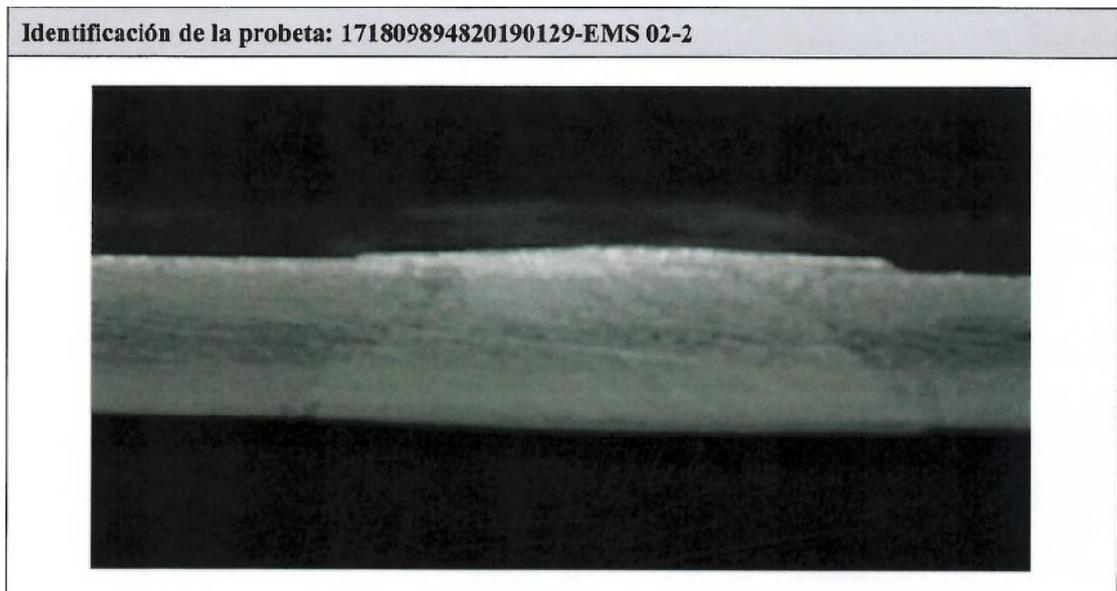


Figura 40. *Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6 ,
Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.*

Ensayo De Flexión o Doblado En Las Probetas Extraídas.

Para este ensayo se necesita un cupón de dimensiones 12 mm X 216.46 mm como se describe en la norma ISO 5173 junto con el anexo A1 de la misma norma, la cual propone una probeta con las dimensiones que se presentan en la tabla 20, donde se puede ver que para un ensayo de doblado de una muestra de junta soldada como el que se está estudiando se necesita, que la longitud entre los rodillos debe ser de 100 mm, diámetro externo del rodillo es de 100mm, y el ángulo que se necesita para que se pueda revelar cualquier falla en el cordón de soldadura es de 180°.

Tabla 20 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Para El Ensayo De Doblado.

Tipo de probeta	Dimensiones	Espesor de la Plancha	Diámetro Externo Rodillo de Doblado	Longitud de la parte calibrada		Longitud libre entre los Apoyos o rodillos de Acción	Tolerancia del mecanizado	Observaciones
				L _c (Mínima)	L _c (Máxima)			
#	(mm)	(mm)	(mm)	L _c (Mínima)	L _c (Máxima)	(mm)		
2	12x216.46 (+/- 1)	3 (+/- 0,1)	12	90	120	100	+/- 0.10	

Probetas con proceso SMAW Electrodo E6011 (Ensayo de Flexión a 180°).

Al tener las dos probetas extraídas de la placa base soldadas con proceso SMAW utilizando electrodo E6011, se procede a realizar el ensayo de flexión a razón de un ángulo de 180° donde se podrá develar las imperfecciones, poros o fisuras que no se las puede ver por inspección visual o por tintas penetrantes, pues la probeta al ser sometida a flexión se estira cierta cantidad sometida a cierta fuerza a determinado ángulo, que para este caso será de 180° donde alcanza la máxima deformación y se revelarían los diferentes concentradores de esfuerzo que debilitarían la unión soldada, en la tabla 21 de puede ver el resultado de los especímenes después de ser sometidos a flexión.

Tabla 21 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Con Proceso SMAW Electrodo E6011,
Para El Ensayo De Doblado.

Probeta N°	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del Objeto de Ensayo (mm)			Distancia entre Apoyos (mm)	Diámetro del Rodillo (mm)	Angulo de Doblez	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
			Longitud	Ancho	Espesor					
1	24.3	53,2	140	12,48	2,99	100	12	180°	Ninguna	Conforme
2	24.3	53,2	140	12,01	3,00	100	12	180°	3,45	No Conforme

Para obtener un espécimen con la forma mostrada en la figura 42, una vez se haya terminado el ensayo, si existiera un fisura poro o imperfección que se revele después de realizado el ensayo esa probeta no pasa la prueba y entonces el proceso deberá realizarse de nuevo.



Figura 41. Especímenes Con Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM
A36, Ensayo De Macro Estructura.

Probetas con proceso GMAW (MIG/MAG), Electrodo ER70 S-6 (Ensayo de Flexión a 180°).

Al tener las dos probetas extraídas de la placa base soldadas con proceso GMAW (MIG/MAG) utilizando electrodo ER70 S-6, se procede a realizar el ensayo de flexión a razón de un ángulo de 180° donde se podrá develar las imperfecciones, por el proceso con el que se soldó las placas base de donde se sacaron los especímenes que es una arco eléctrico protegido por gas se espera una unión mucho más eficiente sin pros ni imperfecciones, que no se fisure al momento de realizar el ensayo, ni se agriete alrededor de la zona afectada por la temperatura, dichos poros o fisuras que no se las puede ver por inspección visual o por tintas penetrantes, pues la probeta al ser sometida a flexión se estira cierta cantidad sometida a cierta fuerza a determinado ángulo, que para este caso será de 180° donde alcanza la máxima deformación y se revelarían los diferentes concentradores de esfuerzo que debilitarían la unión soldada, en la tabla 22 de puede ver el resultado de los especímenes después de ser sometidos a flexión.

Tabla 22 Datos Y Dimensiones De Las Probetas bajo proceso GMAW (MIG/MAG) con Electrodo ER70 S-6 Para El Ensayo De Doblado.

Probeta N°	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del Objeto de Ensayo (mm)			Distancia entre Apoyos (mm)	Diámetro del Rodillo (mm)	Angulo de Doblez	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
			Longitud	Ancho	Espesor					
1	24,7	52,3	140	13,12	2,98	100	12	180°	Ninguna	Conforme
2	24,7	52,3	140	13,01	2,95	100	12	180°	Ninguna	Conforme

Para obtener un espécimen con la forma mostrada en la figura 43, una vez se haya terminado el ensayo, si existiera un fisura poro o imperfección que se revele después de realizado el ensayo esa probeta no pasa la prueba y entonces el proceso deberá realizarse de nuevo, en este caso como se esperaba al ser las probetas realizadas por proceso GMAW (MIG/MAG), utilizando un electrodo ER70 S-6, se puede observar que en los resultados obtenidos el cordón de

soldadura no presenta una fisura ni longitudinal o axial en el cordón o alrededor del mismo, en la zona afectada térmicamente, lo que indica que el técnico soldador es calificado y los materiales utilizados son los buscados para este tipo de juntas soldadas.



Figura 42. Especímenes Con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6,
Material Base ASTM A36, Ensayo De Macro Estructura.

Discusión de Resultados

En el presente estudio se han revelado muchos resultados producto de los ensayos realizados en las probetas, muchos de ellos son los esperados inicialmente y otros distan bastante de las predicciones que se esperaban, los cuales dan una perspectiva muy clara de que proceso es el más adecuado para las juntas soldadas en la estructura frontal de un bus, sabiendo que dicha parte de la estructura, es la más vulnerable cuando existe un impacto frontal.

Al tener dos procesos que van a ser comparados entre si se necesita saber cuáles son las ventajas y desventajas de los mismos empezando por los electrodos que utilizan, la protección que cada proceso utiliza para evitar la oxidación acelerada de la zona fundida, los amperajes utilizados y la velocidad de soldeo.

Presentación de Resultados

Electrodos Utilizados, Amperajes Y Velocidad De Soldeo.

En el estudio presentado se utilizó para el proceso **SMAW**, una velocidad de avance de 110 a 140 mm/min, teniendo una intensidad de amperaje de 100 – 140 Amperios y una tensión de trabajo de 30 – 35 Voltios, utilizando un electrodo E6011, ver anexo 2, lo que permite tener un control sobre la zona fundida y poder obtener un cordón sin defectos.

Al igual que con el proceso anterior en el proceso **GMAW (MIG/MAG)**, se empleó una velocidad de avance de 110 a 140 mm/min, utilizando un amperaje de 100 – 140 Amperios, trabajando con una tensión de 30 – 35 Voltios, utilizando un electrodo ER70 S-6, ver anexo 2, con gas de protección CO₂, que le permite al técnico soldador tener control sobre el cordón que está realizando con más facilidad que con el proceso SMAW, puesto que al ser un proceso que trabaja con un electrodo mucho más delgado de diámetro y con una protección de gas (CO₂), que

evita la oxidación acelerada y la formación de escoria, los cuales en manos no calificadas, producen una serie de imperfecciones que se traducen en concentradores de esfuerzo que degradan la efectividad de la junta soldada.

Velasteguí 2014 en su trabajo presenta similares condiciones de trabajo, que permiten realizar las juntas soldadas con mayor eficiencia y sin defectos, Rivadeneira 2015 habla de que dichas condiciones, son críticas al momento de soldar pues estas permiten que la junta no presente fisuras pasantes y dan mayor resistencia cuando se produce una fuerza externa que desee deformar dicha unión soldada, mientras que Granja habla de que las condiciones de soldeo no son tan importantes como el la experiencia del técnico soldador y de la calibración y certificación de la máquina que se utiliza para este tipo de juntas, pues a su criterio por más que las condiciones sean las mejores si uno de los dos aspectos antes mencionado falla la unión será deficiente y no cumplirá las expectativas que se tiene sobre ellas. (Rivadeneira, 2015) (Mario Granja, 2013) (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Ensayo De inspección visual.

En el ensayo de inspección visual lo que se busca es identificar inmediatamente las imperfecciones que pudiera haber en el cordón de soldadura, dado que la norma ISO 5817 acepta poros menores a un diámetro de 0.5 mm y grietas con espesor de 0.5 mm con la condición de que estas no sean continuas y menores o iguales a 1 por cada 50 mm teniendo así como resultado la aceptación de las placas con un cordón de soldadura casi perfecto sin presencia visible notoria de las imperfecciones que se haya encontrado, Velasteguí 2014 nos dice que en las placas no deben tener discontinuidades por lo menos a 100 mm mientras que Granja 2013 dice que las imperfecciones no deben tener un diámetro mayor a 0.25mm, tal es el caso como lo muestra la Figura 43 que en la placa presentada para la evaluación no tenía desperfectos ni discontinuidades

pues el técnico soldador estaba calificado para realizar este tipo de juntas, de esta manera se acerca a la recomendación de Rivadeneira 2015 que especifica que la mano de obra debe ser calificada y tener la experiencia suficiente para crear una unión soldada con las características que se busca.

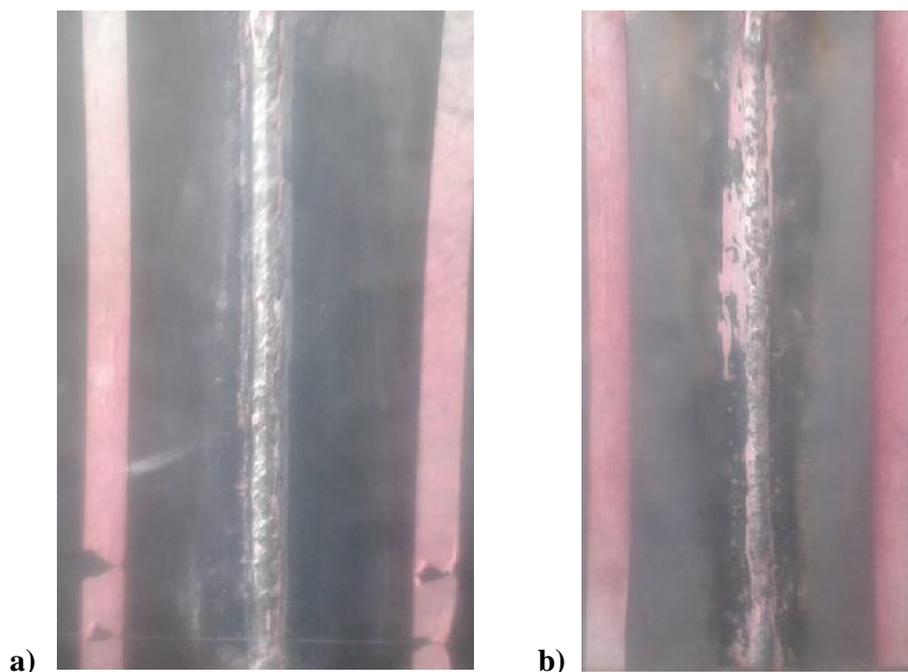


Figura 43. a) Placa base con proceso SMAW, b) Placa base con proceso GMAW.

Ensayo De Tintas Penetrantes.

Con las tintas penetrantes se trabajó de la misma manera que con la inspección visual, Velasteguí 2014 habla de que la prueba por líquidos penetrantes es importante para la visualización de las discontinuidades de tal manera que sean reveladas al aplicar este tipo de líquidos se utilizó un kit de líquidos CRACK FINDER de origen alemán uno de los mejores kits para este tipo de inspección lo que se busca son las imperfecciones que no son visibles o que han sido pasadas por alto en la inspección visual, Granja 2013 dice que las porosidades o grietas deben estar separadas por 100 mm de distancia entre sí para que pueda pasar la prueba, tanto

como la placa de SMAW, y la placa de GMAW presentaron mínimas o ninguna imperfección como lo demuestra en la Figura 44 que evidencia que las placas no han tenido ninguna falla al momento de realizar el cordón gracias a la experiencia del técnico soldador, el material base utilizado los electrodos usados en la junta y el equipo soldador que se usó en el campo.

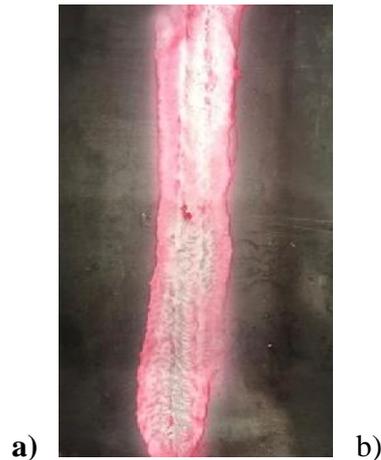


Figura 44. a) Placa base con proceso SMAW, b) Placa base con proceso GMAW.

Ambas placas base pasaron sin problemas la prueba de inspección sin problemas pues como se evidencia el cordón fue casi perfecto en su totalidad y no presento discontinuidades ni porosidades mayores a las que se admite en la norma.

Ensayo De Tracción Realizado A Las Probetas Extraídas.

En la realización del ensayo se utilizó una probeta maquinada con un ancho activo donde se espera que disminuya su dimensión formando un cuello que ira amenorando la dimensión antes mencionada hasta su ruptura, los cupones que serán sometidos a tracción obligatoriamente tendrán las dimensiones que se obtuvieron con el método de la norma ISO 6892 parte 1 para ensayo a tracción en materiales metálicos que se encuentra en la figura 20.

Probetas Con Proceso SMAW, Electrodo E6011, Probetas Con Proceso GMAG (MI/MAG), Electrodo ER 70S-6, Material Base ASTM A-36.

Se trabajó con una precarga de fuerza de 500 N teniendo especial cuidado de no iniciar con la deformación para de esta manera obtener resultados más confiables los cuales se presentan en la tabla 23 y tabla 24.

Tabla 23. Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax Mpa	CRot Mpa	C.Yield Mpa
1	27150,01	22850,00	20050,00	452,50	380,83	334,17
2	24500,00	18750,00	16900,00	408,33	312,50	281,67
Promedio	25825.005	20800.00	18475.00	430.415	346.67	307.92

Tabla 24. Tabla De Valoración De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36.

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax Mpa	CRot Mpa	C.Yield Mpa
1	31550,01	25900,01	25450,00	525,83	431,67	424,17
2	30200,01	23800,00	23600,00	503,33	396,67	393,33
Promedio	30875.01	24850,005	24525,00	514,58	414,17	408,75

Ahora bien ya que se tienen los valores producto de los ensayos a tracción se puede hacer una comparación directa de valores que nos permita apreciar con más claridad que proceso ha sido más eficiente y confiable para este tipo de estructuras de automotores, en la tabla 25 se visualiza los rangos alcanzados por cada probeta con proceso GMAW (MIG) y su respectiva contraparte con proceso SMAW viendo una clara diferencia que indica que proceso será escogido preliminarmente.

Tabla 25. *Tabla De comparación de Valores De Fuerzas Y Cargas Para Las Probetas con Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, proceso SMAW Electrodo E6011 y valores que dicta la norma, sometidas al ensayo de tracción El Material Base ASTM A36.*

Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
Fuerza Max F(N)	Fuerza Max F(N)	Fuerza Max F (N)
26500,00	31550,01 30200,01	27150,01 24500,00
Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
Carga Max CMax (MPa)	Carga Max CMax (MPa)	Carga Max CMax (MPa)
400,00	525,83 503,33	452,50 408,33
Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
F Rot F (N)	F Rot F(N)	F Rot F (N)
20000.00	25900,01 23800,01	22850,00 18750,00
Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
F Yield F (N)	F Yield F(N)	F Yield F (N)
20000,00	25450 23600	20050,00 16900,00
Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
C Rot C (MPa)	C Rot C (MPa)	C Rot C (MPa)
300	431,67 396,67	380,83 312,50
Norma ISO 6892	Proceso GMAW (MIG/MAG)	Proceso SMAW
C Yield C (MPa)	C Yield C (MPa)	C Yield C (MPa)
300	424,17 393,33	334,17 281,67

Velasteguí trabaja con un cuerpo de experimentación de 7 mm de ancho y 2 mm de espesor, los culés parecen ser insuficientes para poder tener los resultados esperados, pues las probetas de Velasteguí comparadas con las presentadas en este trabajo son muy diferentes, pues por el ancho mínimo de 20 mm y con un espesor de plancha de 3 mm se obtuvo mejores

resultados, con menor número de especímenes puestos a prueba, ya que el investigador trabaja con las normas ASTM, mientras que esta investigación trabaja con normas ISO, como se observa se tiene una carga máxima soportada de 452,50 MPa para los especímenes realizados con proceso SMAW, Electrodo E6011 y de 525,83 MPa para los cupones realizados bajo el proceso GMAW (MIG/MAG), Electrodo ER 70S-6, ambas con material ASTM A-36, mientras que el investigador presenta una carga máxima promedio de 341,16 MPa para especímenes realizados con proceso SMAW, Electrodo E6011, y de 433,83 MPa para probetas que fueron realizadas con proceso GMAG (MIG/MAG), Electrodo ER 70S-6, pues como se demuestra, es menor de lo que se esperaba demostrando así que para este tipo de juntas sería recomendable que los perfiles utilizados sean de espesor 3 mm para tener la resistencia necesaria en la estructura frontal de un bus, por otro lado Granja dice que también la colada con la que fueron hechos los perfiles utilizados para la estructura, debe cumplir con las características buscadas de resistencia, pues sucede que es habitual el fallo del material base en su zona afectada térmicamente, antes que en su zona fría, develando que el material es de mala calidad, mientras que Rivadeneira dice que es el conjunto de varias variables, como el amperaje estable, una maquina calibrada, el correcto electrodo y gas de protección junto con la certificación del técnico soldador hacen que la junta sea confiable y pueda llegar a los estándares mínimos para este tipo de juntas. (Rivadeneira, 2015) (Mario Granja, 2013) (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Ensayo De Dureza Realizado A Las Probetas Extraídas.

El ensayo realizado a las probetas extraídas de las placas base de espesor 3 mm, siendo el material base un ASTM A-36, la primera placa realizada con proceso SMAW, utilizando electrodo E6011 y la segunda placa manufacturada con proceso GMAW (MIG/MAG), empleando un electrodo ER70S-6, esperando que estas últimas probetas sean las que muestren

una dureza mucho mayor que las que están realizadas con el proceso SMAW, debido a las condiciones de protección al momento de generar el arco eléctrico pues que el área afectada térmicamente en el proceso GMAW es sabido que sea menor a la del área que se produce con el proceso SMAW, gracias al gas de protección que para este caso es CO₂, viendo los resultados exhibidos en la tabla 25 para dureza BRINELL de probetas SMAW, y en la tabla 26 para dureza BRINELL en cupones GMAW (MIG/MAG).

Tabla 26. *Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso SMAW Electrodo E6011, Material Base ASTM A36.*

Probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL			
			Medición ZF	Medición ZF/ZAT	Medición ZAT	Medición MB
1	23,7	54,6	143	126	103	92
2	23,7	54,6	146	131	97	90

Tabla 27. *Tabla De Valoración De Dureza BRINELL Para Las Probetas Realizadas En El Proceso GMAW (MIG/MAG) Electrodo ER70S-6, Material Base ASTM A36*

Probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL			
			Medición ZF	Medición ZF/ZAT	Medición ZAT	Medición MB
1	23,5	55,6	199	149	122	100
2	23,5	55,6	184	150	114	98

Una vez que se tienen los valores fruto de los ensayos de dureza BRINELL se puede hacer una comparación directa de valores que nos permita apreciar con más claridad que proceso ha sido más eficiente y confiable para este tipo de estructuras de automotores, en la tabla 28 se visualiza las condiciones alcanzadas por cada probeta en las diferentes zonas que se tiene en una junta soldada con proceso GMAW (MIG) y su respectiva contraparte con proceso SMAW viendo una clara diferencia que indica que proceso será escogido preliminarmente.

Tabla 28. *Tabla De comparación de Valores De Dureza BRINELL Para Las Probetas**En Material Base ASTM A36, Realizados en Condiciones de Laboratorio.*

Norma ISO 6506-1 Dureza BRINELL Max	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZF Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZF Max
98.07	199	143
	184	146
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZF/ZAT Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZF/ZAT Max
	149	126
	150	131
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZAT Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZAT Max
	122	103
	114	97
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL MB Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL MB Max
	100	92
	98	90

Como se ve claramente las probetas que fueron manufacturadas con proceso GMAW tienen más dureza que las probetas realizadas a través de SMAW, debido a que existe una clara diferencia en la forma en cómo se protege el cordón después de realizado el arco eléctrico y depositado el material fundido, pues en el proceso SMAW se forma una costra formada por la escoria que es producida por el fundente que recubre el electrodo y los gases que se producen en el instante de formar el arco eléctrico, esta costra evita que el material fundido se oxide de manera inmediata y cause imperfecciones, poros o fisuras que disminuyan la calidad de la junta soldada, siendo así que las juntas realizadas con GMAW (MIG/MAG) emplean como gas de protección al CO₂, que es un gas inerte y no aporta nada más que protección pura del cordón

para evitar su oxidación, teniendo así un área afectada térmicamente menor que el área que se produciría con SMAW, Velasteguí habla de que los límites de dureza en el área del material base (MB) debe ser alrededor de los 90 BRINELL, en la zona fundida (ZF) de 180 BRINELL y por último en la zona afectada térmicamente (ZAT) 100 BRINELL para los especímenes SMAW mientras que para los especímenes GMAW (MIG/MAG), la dureza BRINELL en la zona MB es de 80 BRINELL, en la zona ZF será de 130 y al finalizar en la zona ZAT se esperaría una dureza de 95 BRINELL, lo que da una diferencia al tener una plancha de 3mm de espesor a pesar de tener las mismas condiciones de soldeo, por otro lado Granja expone que la dureza tanto del material base como de electrodo usado para ser fundido en la junta dependerá explícitamente de su conformado antes de su fundición al producirse el arco eléctrico. Al tener un técnico soldador experimentado, calificado y certificado la junta resultante sería la esperada independientemente de si el material base es deficiente siempre y cuando este cumpla con las condiciones mínimas requeridas para este tipo de juntas como lo demuestra Rivadeneira (Rivadeneira, 2015) (Mario Granja, 2013) (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Ensayo De Macrografía Realizado A Las Probetas Extraídas.

Con el ensayo de Macro estructura se obtuvo una imagen nítida de las zonas de interés como son la zona de material fundido, la zona de intersección entre el material fundido y la zona afectada térmicamente, de aquí que se nota que el material ha tenido una buena aceptación del electrodo fundido por el arco eléctrico viendo que no existe porosidades o grietas alrededor de la zona fundida creando una aleación con una dureza que sobrepasa por casi el doble de lo que marca la norma ISO 6506-1 de 98,01 BRINELL para así tener la eficiencia buscada en la estructura frontal de un bus, Granja 2013 dice que las grietas alrededor del material fundido es producto de una mano de obra poco calificada, mientras que Velasteguí 2014 se enfoca en la

calidad del material base ocupado así como del electrodo usado en SMAW como el utilizado en GMAW, siendo así en la figura 45 se presentan con gran facilidad la identificación de cada zona teniendo en su totalidad una placa continua y sin defectos en la misma.

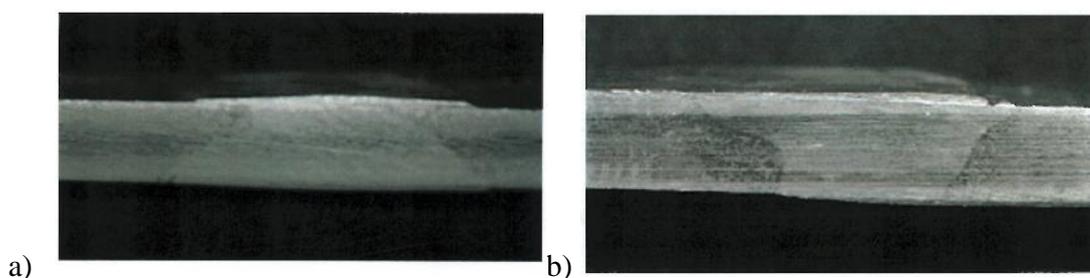


Figura 45. a) Placa base con proceso GMAW, b) Placa base con proceso SMAW.

Ensayo De Flexión Realizado A Las Probetas Extraídas.

Con el presente estudio se pretende demostrar que los perfiles de espesor 3 mm de un material ASTM A-36, serían mucho más eficientes para resistir una carga a flexión que los utilizados en el trabajo de Velasteguí, el cual usa perfiles de 2 mm de espesor, ambos estudios se enfocan en la utilización de dos procesos de soldeo como son el SMAW y el GMAW (MIG/MAG) en la tabla 27 y tabla 28 se presentan los resultados de las probetas sometidas a flexión de los dos procesos. (Rivadeneira, 2015) (Mario Granja, 2013) (Juan Eduardo Velasteguí Zurita, 2014).

Tabla 29 Datos Y Dimensiones De Las Probetas Con Proceso SMAW Electrodo E6011,

Para El Ensayo De Doblado.

Probeta N°	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del Objeto de Ensayo (mm)			Distancia entre Apoyos (mm)	Diámetro del Rodillo (mm)	Angulo de Doblez	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
			Longitud	Ancho	Espesor					
1	24.3	53,2	140	12,48	2,99	100	12	180°	Ninguna	Conforme
2	24.3	53,2	140	12,01	3,00	100	12	180°	3,45	No Conforme

Tabla 30 Datos Y Dimensiones De Las Probetas bajo proceso GMAW (MIG/MAG) con Electrodo ER70 S-6 Para El Ensayo De Doblado.

Probeta N°	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del Objeto de Ensayo (mm)			Distancia entre Apoyos (mm)	Diámetro del Rodillo (mm)	Angulo de Doblez	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
			Longitud	Ancho	Espesor					
1	24,7	52,3	140	13,12	2,98	100	12	180°	Ninguna	Conforme
2	24,7	52,3	140	13,01	2,95	100	12	180°	Ninguna	Conforme

Comparando los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados sobre las probetas, se puede observar que la mejor opción para las juntas soldadas de la estructura frontal de un bus, por resistencia a la tracción, por el ensayo dureza y por el ensayo de doblado, es el proceso GMAW (MIG/MAG) puesto que el proceso soporta mayor fuerza de tracción, con un resistencia máxima a la tracción promedio de 514,585 MPa. Una dureza promedio entre 191.50 dureza BRINELL, para la zona fundida, de 149,50 de dureza BRINELL para la zona media que esta entre la zona fundida y la zona afectada térmicamente y por ultimo una dureza de promedio de 118 de dureza BRINELL, mientras que en el ensayo de doblado el Proceso GMAW (MIG/MAG) paso al 100% la prueba de doblado sin grietas o fisuras en el cordón o zonas aledañas al mismo, dejando en claro que proceso es el más efectivo y adecuado cuando se tiene mano de obra calificada y equipos certificados y calibrados para este tipo de juntas, este estudio por ultimo da a conocer un formato WPS para las juntas mencionadas al igual que un formato PQR para el control de calidad de dichas juntas, que se presentan en la estructura frontal de un bus como se ve en la tabla 31 donde se comparan los resultados de esta prueba.

Tabla 31 Comparación De Resultados Del Ensayo De Doblado En Las Probetas

Norma ISO 5173	Nº De Probeta Y Proceso	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
Conforme Y Sin Imperfecciones	GMAW	1	Ninguna
		2	Ninguna
	SMAW	1	Ninguna
		2	3,45

Dado que las juntas que se realizaran en la estructura en su mayoría serán: junta a tope, junta a tope esquina, junta a tope en T, en Angulo T, se va a presentar un WPS para cada tipo de junta enlistado anteriormente teniendo en cuenta que el material base ser ASTM A-36 de espesor 3 mm en cualquier perfil que se desee, siguiendo un proceso GMAW (MIG/MAG), con electrodo ER70S-6 y con gas de protección de CO₂.

Al igual que se presentara un WPS para las juntas también se presentara un PQR para las mismas, que permita dar el respectivo control de calidad de las mismas y así asegurar que estas puedan resistir las fuerzas a las que están previstas que resistan, ver Anexo 3 de WPS y Anexo 4 de PQR.

Conclusiones

- Para este tipo de juntas se necesita un perfil de Material ASTM A-36 con un espesor mínimo de 3mm para que exista la resistencia a la tracción esperada, así como se presenta en los resultados de las pruebas destructivas se espera que los perfiles puedan soportar una fuerza máxima de 31550,01 [N], que supera el rango establecido por la norma ISO 6892, así como también que tenga una dureza de material base de más de 98,07 BRINELL.
- Al emplear GMAW (MIG) en un proceso de soldeo se sabe que con un foco de calor y temperatura mucho menor en el arco eléctrico que es más enfocado al área donde se fundirá el material, este será mucho más eficiente que el proceso SMAW claro está siguiendo las condiciones más adecuadas para este tipo de juntas.
- Al trabajar con perfilaría de espesor 3 mm se puede obtener una dureza muy superior en todas las zonas de importancia haciendo que la estructura sea mucho más eficiente que si se hace la estructura con perfiles de 2 mm, sabiendo que las juntas resistirán más y cuando se lo sometería a flexión resistiría mucho más esperando que si existe una ruptura no será en la zona del cordón.
- Al escoger un electrodo con altos niveles de desoxidantes de manganeso y silicio que toleran superficies con escamación ligera hasta una pesada como es el ER70S-6 que junto con el gas CO₂, se funde completamente con el material base sin dejar espacios para las grietas o porosidades, teniendo en cuenta que este electrodo se fusiona de mejor manera con un material base que tenga una resistencia a la cedencia de 380-485 MPa y el material base tiene utilizado el ASTM A-36 tiene una resistencia a la cedencia de 400-550 MPa.

Recomendaciones

- Seguir el WPS para poder tener un estadístico de cuantas juntas cumplen con lo establecido en dicho documento.
- Seguir el PQR que se ha establecido como un seguro para que exista un control de calidad sobre todas las juntas de tal manera que la estructura tenga la resistencia para la que fue diseñada.
- El técnico soldador deberá tener la certificación en el proceso GMAW (MIG) con espesores delgados como es el de 3mm, así como también una capacitación continua y renovar su certificación.
- La mano de obra debe ser calificada puesto que es una parte muy crítica de la estructura y lo mejor sería que el técnico soldador este certificado para soldar bajo un proceso GMAW (MIG) para espesores muy delgados como sería el de 3 mm
- La máquina soldadora deberá estar certificada y calibrada para poder soldar este tipo de juntas para no perforar los perfiles y para que la junta tenga la resistencia deseada.
- La máquina soldadora deberá tener la certificación para este proceso y tendrá que ser calibrada periódicamente para que dé una velocidad de avance de 110 a 140 mm/min, utilizando un amperaje de 100 – 140 Amperios, trabajando con una tensión de 30 – 35 Voltios, al utilizar un electrodo ER70 S-6 con gas de protección CO₂, para que su funcionamiento sea el adecuado, y la junta deseada tenga las características mecánicas que se busca.
- Se deberá hacer un muestreo de las juntas soldadas para el control de calidad y así la estructura no sea comprometida en caso de que haya fallas en las juntas soldadas

Bibliografía

- El-Faroug , M. O., Fuwu, Y., & Luo , M. (2016). Spark Ignition Engine Combustion, Performance and Emission Products from Hydrous Ethanol and Its Blends with Gasoline. *ENERGIES*, 2-24.
- Hernandez, M., Menchaca, L., & Mendoza, A. (2014). Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanole gasoline blends in a Mexican City. *Renewable Energy*, 72, 236-242.
- (AISC), A. I. (s.f.). *Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Hollow Structural Sections. Traducido del inglés. Chicago 2000, 52 .*
- 1323INEN. (2009). *VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.*
- 1323INEN. (2009). *VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.*
- 1668INEN. (s.f.). *VEHICULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRAREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL.*
- 2664INEN. (2013). *VEHICULOS AUTOMOTORES, FABRICANTES DE CARROCERIAS METALICAS PARA VEHICULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS. REQUISITOS.*
- ADAMS, H. (s.f.). *Chassis engineering; Traducido del ingles. Primera ed.. New York, HPBooks, s.f. pp 85-94.*
- Aguirre Ibarra, G. M., & Vaca Burgos, L. A. (2017). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA GASOLINA EXTRA ADITIVADA CON ALCOHOLES, EN LA REFINERÍA ESMERALDAS. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador Master Thesis.
- ANT. (2016). *Serie Historica de Vehiculos Matriculados.* Obtenido de Agencia Nacional de Transito:
<https://www.ant.gob.ec/>
- Araque de los Ríos, O. J., & Arzola de la Peña, N. (2013). Estado del arte sobre la integridad estructural de uniones soldadas y modelos de propagación de grietas para la gestión de vida en estructuras. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 Nº 2, 279-292.*
- Askeland, D. (2010). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales.* Tompson Editores. (6 ed.).

ASTM-A-36. (2012). *SCRIB*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>

ASTM-E-3. (2012). *SCRIB*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/92600391/Jorge-Cardenas-Garcia-Astm-e3-Astm-e112-Astm-e7>

ASTM-E-8. (2012). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/filomenospanfilodeagor/norma-astm-e8-en-espaol>

Aular, P. L. (2009). *Manual De Soldadura*. <http://www.slideshare.net/>.

AWS-D1.1. (2012). *SCRIB*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/62041706/AWS-D1-1-Espanol>

AWS-D1.3. (2012). *SCRIB*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/148380554/NORMA-D1-3-ESPANOL-PARA-CARROCEROS>

Banco Central del Ecuador. (2016). *Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano No. 116*. Quito.

Barroso Castillo, J. (2013). *¿Que es Octanaje?* Obtenido de Cultura Cientifica:

http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/rmro/2906019/sem06/QUE_ES_OCTANAJE.pdf

Beckman, L. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR Intituto de investigacion y posgrado.

BERU. (2014). *Todo sobre bujías de encendido*. Obtenido de BERU:

emisia.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pd

Bosch. (2015). *Sistemas de Encendido*. Bosch.

Caiza Jacome, P. G., & Portilla Aguilar, Á. A. (2010). *Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina*. Quito: Escuela Politecnica Nacional Master Thesis.

Calle-Vallejo, O., Echeverry, J., & Murillo, C. (2006). *Sistemas de Encendido Electronico para Motores de Combustión Interna de Cuatro Tiempos a Gasolina con Encendido Original Conmutado por Platinos*. *2do Simposio Regional de Electronica y Aplicaciones Industriales*.

Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). *Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana*.

Quito: CINAIE.

Canakci, M., Ozsezen , A., Alptekin , E., & Eyidogan, M. (2012). Impact of alcoholgasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine. *Renewable Energy*, 111-117.

CEPAL. (2008). "*Tablero de comando" Para la promocion de los biocombustibles en el Ecuador*. Quito: Naciones Unidas.

Costa, R., & Sodré, J. (2009). Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel*, 287-293.

Costagliola, M., De Simio, L., Lannaccone, S., & Prati, M. (2013). Combustion efficiency and engine out emission of a S.I engine fueled with alcohol/gasoline blends. *Applied Energy*, 1162-1171.

D'Silvaa, R., Bhatc, T., & Binu , K. (2015). Performance and Emission characteristics of a C.I. Engine fuelled with diesel and TiO₂ nanoparticles as fuel additive. *Materials Today: Proceedings*, 2, 3728 – 3735.

Dettmer, J. (Octubre-Diciembre de 2003). CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA. *Revista de la Educación Superior Vol. XXXII (4), No. 128,, pp. 81-93. ISSN: 0185-2760.*

Dhana Raju, V., Kishore, P. S., Nathagopaln, K., & Ashok, B. (2018). An experimental study on the effect of nanoparticles with novel tamarind seed methyl ester diesel engine aplicaciones. *Energy Conversion and Management*, 655-666.

Duarte, G., Gonçalves, G., & Farias, T. (2016). Analysis of fuel consumption and pollutant emissions of regulated and alternative driving cycles based on real-world measurements. *Transportation Research, Part D 44*, 43–54.

ECE. (2010). *Sistema COPERT Subcategorias*. Obtenido de Emisia:

emisiam.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf

- Edilberto Antonio, L. C., Juan Carlos, R. H., Paolo, S. A., & Johanna, M. B. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal*, 59-76.
- EMISA SA. (MAYO de 2017). *COPERT*. Obtenido de COPERT: <http://emisia.com/products/copert>
- EP Petroecuador. (2012). *COMBUSTIBLES DE MEJOR CALIDAD Y MENOS CONTAMINANTES*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>
- EP PETROECUADOR. (2014). *ECOPAIS. EKOS*, 48-49.
- EP PETROECUADOR. (2016). *INFORME ESTADISTICO*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>
- Espinel, E. L. (2018). Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero. *Necesidad tecnica*. AMBATO, Tungurahua, Ecuador: H. Gobierno Provincial Tungurahua.
- Eyralde, M. (2011). *Organización: inspección especializada de mecánica general junto al coordinador técnico de soldadura*.
- FAO. (2014). *BIOENERGIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EVALUACION RAPIDA: ETANOL Y BIODIESEL*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Frey , C., & Eichenberger, D. (1997). *Variability and Uncertainty in On-Board Emissions Estimates of Carbon Monoxide and Hydrocarbons fos School and Transit Buses*. North Carolina: Center for Transportation Engineering Studies.
- Frey, C., Delavarrafiee, M., & Singh, S. (2014). Real-World Freeway and Ramp Activity and Emissions for Light-Duty Gasoline Vehices. *Transportion and Air Quality*.
- García Mariaca, A., Cendales Ladino, E. D., & Eslava Sarmiento, A. F. (2016). Motores de Combustión Interna (ICE) Operando con Mezclas de Etanol Gasolina: Revisión. *CIENCIA E INGENIERIA NEOGRANADINA*, 75-96.
- Gaxiola, M. (2010). *Curso de Capacitación en Soldadura*. segunda edición capitulo 2.
- HINO MOTORS LTD. (s.f.). *Manual para montaje de carrocerías; Decima ed. Japón 2000, 110 p. .*
- Horwittz, H. (2002). *Soldadura: Aplicaciones y Práctica*. AlfaOmega Ed.

- INEC. (2015). *Anuario de Transportes*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/>
- INEN. (2009). *NORMA NTE 2 478:2009*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalizacion : <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Juan Eduardo Velasteguí Zurita. (junio de 2014). "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, Tungurahua, Ecuador.
- Jung, S., Jounghwa , K., Jeongsoo, K., Hong, D., & Park, D. (2016). An estimation of vehicle kilometer traveled and on-road emissions using the traffic volume and travel speed on road links in Incheon City. *Journal Enviromental Sciences*, 120-131.
- Kwon, S., Park, Y., Park, J., Kima, J., Choi, K.-H., & Cha, J.-S. (2017). Characteristics of on-road NOx emissions from Euro 6 light-duty diesel vehicles using a portable emissions measurement system. *Science of the Total Environment*, 576 , 70–77.
- Lee, H., Myung, C., & Park, S. (2009). Time-resolved particles emission and size distribution characteristics during dynamic engine operation conditions with ethanol-blended fuels. *Fuel*, 1680-1686.
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enforque UTE*, 149-158.
- Lopez Teran, J. (2013). *Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano De Quito* (Vol. Master Thesis). Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- López Teran, J. L. (Octubre de 2013). Evaluación del consumo de combustibles de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: Master Thesis EPN.

LOZANO, R. B. (2014). *ELABORACIÓN DE WPSs, PQRs Y WPQ PARA LA EMPRESA CHÍA PEÑALOSA INGENIERÍA*. BOGOTA: UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERÍA INSTITUTO DE POSGRADOS ESPECIALIZACIÓN EN SOLDADURA.

LTD, V. (s.f.). *Diretrizes de beneficiamento Volksbus, traducido del portugués, Brasil 2001, 250 p.*

M, P. (2012). *Curso-taller de inspección de soldadura en estructura de buses*. Escuela Superior Politécnica de chimborazo.

Maddox, S. (1994). Applying Fitness-for Purpose Concepts to the Fatigue Assessment of Welded Joints. *The International Conference on Fatigue. Vol. 1, 72-81.*

Manual de Soldadura 2011. (s.f.).

manual de soldadura 2012. (s.f.).

Marco Andrés Orozco Salced, Juan Carlos Velásquez Benalcázar . (2005). DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERIA DE BUS POR SOFTWARE DE COMPUTADOR BAJO NORMAS TECNICAS INTERNACIONALES. LATACUNGA, COTOPAXI, ECUADOR.

Mario Granja, V. H. (2013). *PROCESO DE SOLDADURA GMAW, PARA ACEROS ORDINARIOS ALCARBÓN, ACEROS INOXIDABLES Y ALUMINIO*. Quito, Ecuador: Escuela politecnica nacional.

Menchaca Torre, H. L., & Mendoza Dominguez, A. (2013). Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 219-230.

MERCEDES BENZ. (s.f.). *Chasis OF 1721 Especificaciones, traducido del inglés, Brasil 2004.*

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Balance Energético Nacional*. Quito: Sectores Estratégicos.

MIRANDA, J. L. (2006). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL AUTOBÚS FELINE PARA LA EMPRESA CARROCERA MIRAL BUSES*. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.

NACIONES UNIDAS, C. E. (s.f.). *Directriz TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend —Clasificación y definición de vehículos y trailers*], Traducido del inglés, Ginebra 1999, 12 p .

NACIONES UNIDAS, C. E. (s.f.). *Reglamento Número 36.03 —Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de transporte de pasajeros de grandes dimensiones en lo referente a sus características generales de construcción*], Traducido del inglés, Ginebra 1986.

NACIONES UNIDAS, C. E. (s.f.). *Reglamento Número 66 —Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de transporte de pasajeros de grandes dimensiones en lo referente a la resistencia mecánica de su superestructura*], Traducido del inglés, Ginebra 1986, 25 p.

O'Driscoll, R., ApSimon, H., Oxley, T., Molden, N., Stettler, M., & Thiyagarajah, A. (2016). A Portable Emissions Measurement System (PEMS) study of NO_x and primary NO₂ emissions from Euro 6 diesel passenger cars and comparison with COPERT emission factors. *Atmospheric Environment*, 145, 81-91.

Organizacion Mundial de la Salud. (2015). OMS. Obtenido de OMS:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Ortiz, A., Romero, J. L., Cueva, I., Jacobo, V., & Schouwenaars, R. (2013). Spark plug failure due to a combination of strong magnetic fields and undesirable fuel additives. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 1, 67-71.

PACHEC, D. E. (2015). *DESARROLLO DE DOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS) PARA LA FABRICACIÓN DE UNIONES SOLDADAS EN TUBERÍA DE PRODUCCIÓN*. BOGOTA: UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERIA INSTITUTO DE POSTGRADOS ESPECIALIZACIÓN EN SOLDADURA

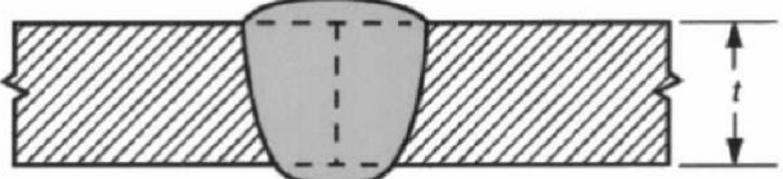
Perez Garcia, M. C. (2016). Ajustes y preparación en soldadura MIG/MAG. *Centro Zaragoza Instituto de Investigacion*, 68.

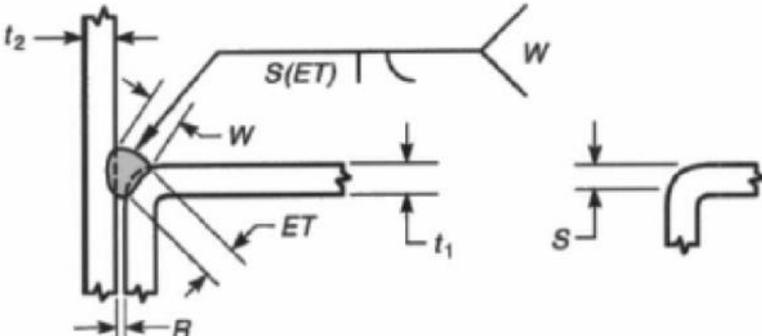
- Pilliza, C. I., & Montalvo, F. J. (NOVIEMBRE de 2016). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y EMISIONES EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZANDO UNA MEZCLA DIÉSEL-QUEROSENO. QUITO, ECUADOR: MASTER THESIS EPN.
- Policarpo, N., Frutuoso, F., Cassiano, D., Araújo, B., Bertoncini, B., & Oliveira, M. (2018). Emission estimates for an on-road flex-fuel vehicles operated by ethanol-gasoline in an urban region, Brazil. *Urban Climate*, 111-120.
- PRO ECUADOR. (2013). *BIOCOMBUSTIBLES*. GRUPO SPURRIER.
- Quinchimbla, F. E., & Solis Santamaría, J. M. (2017). *Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano*. Quito: Master's thesis. Escuela Politecnica Nacional.
- Rivadeneira, A. (2015). *Estudio Comparativo De Los Procesos De Soldadura Smaw Y Gmaw En Las Uniones De Tuberías De Transporte De Combustible*. Monte Rey, Mexico: Instituto Tecnico de Monte Rey.
- Rodríguez, P. (s.f.). *manual de soldadura eléctrica. (b. v. alsima, ed.)*.
- Rosario, A. V. (2011). *Comportamiento Mecánico de Uniones Soldadas Solapadas de Aceros Disimiles (Inoxidable-Estructural) ante cargas Motonica y Ciclicas*. OPORTO: Federal Technical Vocational and Education Training Institute (FTVETI), Addis Ababa, Ethiopia Manufacturing Technology Management.
- Salcedo, M. A. (2005). *“DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERIA DE BUS POR SOFTWARE DE COMPUTADOR BAJO NORMAS TECNICAS INTERNACIONALES”*. LATACUNGA: ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA.

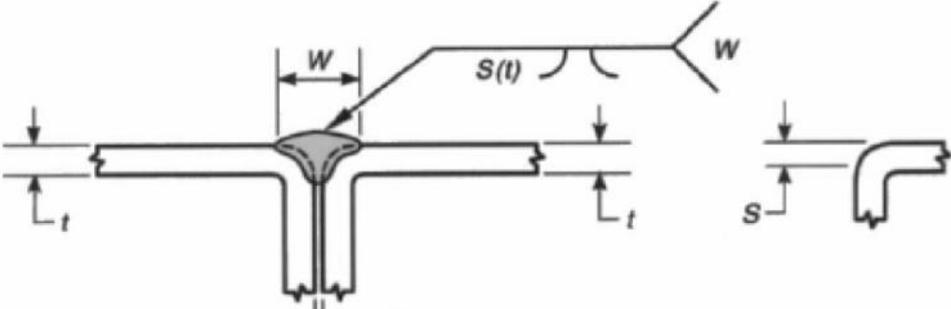
- Shah, P. R., & Ganesh, A. (2016). A Comparative Study on Influence of Fuel Additives with Edible and Non-Edible Vegetable Oil Based on Fuel Characterization and Engine Characteristics of Diesel Engine. *Applied Thermal Engineering*, 28-46.
- Tibaquira, J., Huertas, J., Ospina, S., Quirama, L., & Niño, J. (2018). The effect of Using Ethanol-Gasoline Blends on the Mechanical, Energy and Environmental Performance of In-Use Vehicles. *Energies*, 1-17.
- Tolvett Caro, S. A. (2009). *ANALISIS DE EMISIONES EN RUTA DE VEHICULOS DIESEL EN CIUDAD DE SANTIAGO: UNIVERSIDAD DE CHILE* Master Thesis.
- Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. *Scientific Bulletin*, 8-20.
- Urbina Guzmán, A. J. (2016). *Comparación de Factores De Emisión Vehicular Al Utilizar Ciclos de Conducción IM240 y ON BOARD En La Ciudad De Quito*. Quito: Master's Thesis.
- Uribe, C. L. (2015). Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG Un proceso rápido, limpio y versátil. *Metal Actua*, 18, 26.
- Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador. (10 de JUNIO de 2016). *Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador*. Obtenido de <http://www.vicepresidencia.gob.ec/gobierno-impulsara-proyectos-de-biocombustibles-y-biogas-desarrollados-por-la-ute/>
- Wang, H., & Fu, L. (2012). Developing a High-Resolution Vehicular Emission Inventory by Integrating an Emission Model and a Traffic Model: Part 1—Modeling Fuel Consumption and Emissions Based on Speed and Vehicle-Specific Power. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 440, 1096-2247.
- William, C. (2003). *introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. reverte.
- Zhou, M., Jin, H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. *Transportation Research, Part D* 49, 208-218.

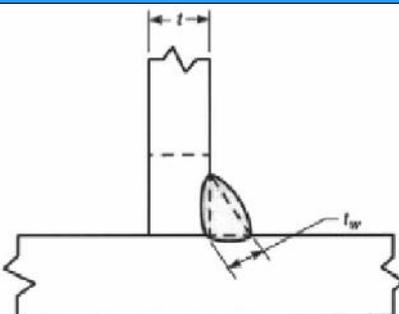
ANEXOS

WPS para juntas con material base ASTM A-36

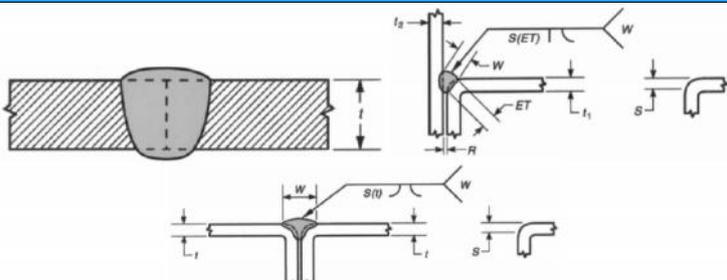
		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)					
WPS N° 001					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			WPS N°: 001 PQR DE SOPORTE N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:	A TOPE ES CUADRADA		Posición de soldadura:	3G	
Abertura Raíz:	3.20 mm (± 0.2)				
Talón:	N/A		Progresión:	Descendente	
Angulo de ranura:	N/A				
Placa de respaldo:	SI:	NO: X			
Cordón de respaldo:	SI:	NO: X	Técnica:	Un pase	
Preparar el bisel:	SI:	NO: X			
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:	ASTM A-36		Temperatura:	N/A	
Espesor (t):	3.0 mm		Temperatura Entre Pases:	N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso	GMAW		Soldadura de:	Ranura	
Especificación	5.18		Proceso de Soldadura:	GMAW	
Diámetro	0.9mm		Tipo De Soldadura :	Semiautomática.	
Denominación:	ER70-S6		Cordón de respaldo:	SI:	NO: X
Marca :	WIRE		Pase Múltiple O Simple (Por Lado)	Simple	
Velocidad de alimentación (m/min)	6.0		Electrodo Múltiples O Únicos	Único	
			Cordón recto u oscilante:	Recto	
GAS DE PROTECCIÓN			Limpieza:	Cepillo Metálico	
Tipo:	CO ₂ (100%)		Primer Pase	N/A	
Caudal:	12-20 lt/min		Pases Siguietes:	N/A	
			Pase de Respaldo:	N/A	
NOTAS					
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la limpieza de las partes. • Verificar la alineación de la junta • La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 					
DETALLE DE LA JUNTA					
					

		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) WPS N° 002					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			WPS N°: 002 PQR DE SOPORTE N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:	A TOPE A ESQUINA		Posición de soldadura:	3F	
Abertura Raíz:	N/A				
Talón:	N/A				
Angulo de ranura:	N/A				
Placa de respaldo:	SI:	NO: X	Progresión:	Descendente	
Cordón de respaldo:	SI:	NO: X			
Preparar el bisel:	SI:	NO: X			
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:	ASTM A-36		Temperatura:	N/A	
Espesor (t):	3.0 mm		Temperatura Entre Pases:	N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso	GMAW		Soldadura de:	Ranura Por Doblez	
Especificación	5.18		Proceso de Soldadura:	GMAW	
Diámetro	0.9mm		Tipo De Soldadura :	Semiautomática.	
Denominación:	ER70-S6		Cordón de respaldo:	SI: NO: X	
Marca :	WIRE		Pase Múltiple O Simple (Por Lado)	Simple	
Velocidad de alimentación (m/min)	6.0		Electrodo Múltiples O Únicos	Único	
GAS DE PROTECCIÓN			Cordón recto u oscilante:	Recto	
Tipo:	CO ₂ (100%)		Limpieza:	Cepillo Metálico	
Caudal:	12-20 lt/min		Primer Pase	N/A	
			Pases Siguietes:	N/A	
			Pase de Respaldo:	N/A	
NOTAS					
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la limpieza de las partes. • Verificar la alineación de la junta • La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 					
DETALLE DE LA JUNTA					
					

		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) WPS N° 003					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			WPS N°: 003 PQR DE SOPORTE N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:		A TOPE		Posición de soldadura: 3F	
Abertura Raíz:		N/A		Progresión: Descendente	
Talón:		N/A			
Angulo de ranura:		N/A			
Placa de respaldo:		SI: NO: X			
Cordón de respaldo:		SI: NO: X		Técnica: Un pase	
Preparar el bisel:		SI: NO: X			
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:		ASTM A-36		Temperatura: N/A	
Espesor (t):		3.0 mm		Temperatura Entre Pases: N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso		GMAW		Soldadura de: Ranura Por Doblez	
Especificación		5.18		Proceso de Soldadura: GMAW	
Diámetro		0.9mm		Tipo De Soldadura : Semiautomática.	
Denominación:		ER70-S6		Cordón de respaldo: SI: NO: X	
Marca :		WIRE		Pase Múltiple O Simple (Por Lado) Simple	
Velocidad de alimentación (m/min)		6.0		Electrodo Múltiples O Únicos Único	
				Cordón recto u oscilante: Recto	
GAS DE PROTECCIÓN			Limpieza: Cepillo Metálico		
Tipo:		CO ₂ (100%)		Primer Pase N/A	
Caudal:		12-20 lt/min		Pases Siguietes: N/A	
				Pase de Respaldo: N/A	
NOTAS					
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la limpieza de las partes. • Verificar la alineación de la junta • La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 					
DETALLE DE LA JUNTA					
					

		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)					
WPS N° 004					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			WPS N°: 004 PQR DE SOPORTE N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:	En T		Posición de soldadura:	3F	
Abertura Raíz:	N/A				
Talón:	N/A				
Angulo de ranura:	N/A				
Placa de respaldo:	SI:	NO: X	Progresión:	Descendente	
Cordón de respaldo:	SI:	NO: X			
Preparar el bisel:	SI:	NO: X			
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:	ASTM A-36		Temperatura:	N/A	
Espesor (t):	3.0 mm		Temperatura Entre Pases:	N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso	GMAW		Soldadura de:	Ranura	
Especificación	5.18		Proceso de Soldadura:	GMAW	
Diámetro	0.9mm		Tipo De Soldadura :	Semiautomática.	
Denominación:	ER70-S6		Cordón de respaldo:	SI:	NO: X
Marca :	WIRE		Pase Múltiple O Simple (Por Lado)	Simple	
Velocidad de alimentación (m/min)	6.0		Electrodo Múltiples O Únicos	Único	
GAS DE PROTECCIÓN			Cordón recto u oscilante:	Recto	
Tipo:	CO ₂ (100%)		Limpieza:	Cepillo Metálico	
Caudal:	12-20 lt/min		Primer Pase	N/A	
			Pases Siguietes:	N/A	
			Pase de Respaldo:	N/A	
NOTAS					
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la limpieza de las partes. • Verificar la alineación de la junta • La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 					
DETALLE DE LA JUNTA					
					

PQR para juntas con material base ASTM A-36

		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) PQR N° 001					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			PQR N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
JUNTA UTILIZADA			POSICIÓN DE SOLDADURA		
Tipo de junta:		A TOPE		Posición de soldadura: 3G, 3F	
Abertura Raíz:		3.20 mm (± 0.2)			
Talón:		N/A		Progresión: Descendente	
Angulo de ranura:		N/A			
Placa de respaldo:		SI: NO: X			
Cordón de respaldo:		SI: NO: X		Técnica: Un pase	
Preparar el bisel:		SI: NO: X			
METAL BASE			PRECALENTAMIENTO		
Especificación:		ASTM A-36		Temperatura: N/A	
Espesor (t):		3.0 mm		Temperatura Entre Pases: N/A	
METAL DE APORTE			TÉCNICA DE SOLDADURA		
Proceso		GMAW		Soldadura de: Ranura	
Especificación		5.18		Proceso de Soldadura: GMAW	
Diámetro		0.9mm		Tipo De Soldadura : Semiautomática.	
Denominación:		ER70-S6		Cordón de respaldo: SI: NO: X	
Marca :		WIRE		Pase Múltiple O Simple (Por Lado) Simple	
Velocidad de alimentación (m/min)		6.0		Electrodo Múltiples O Únicos Único	
GAS DE PROTECCIÓN			Cordón recto u oscilante: Recto		
Tipo:		CO ₂ (100%)		Limpieza: Cepillo Metálico	
Caudal:		12-20 lt/min		Primer Pase N/A	
			Pases Sigüientes: N/A		
			Pase de Respaldo: N/A		
NOTAS					
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la limpieza de las partes. • Verificar la alineación de la junta • La velocidad de enfriamiento después de la soldadura debe ser lenta. 					
DETALLE DE LA JUNTA					
					

		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) PQR N° 001					
Institución: Universidad Internacional SEK Según Norma ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6506-1, ISO 9015-2			PQR N°: 001 FECHA: 12/03/2018 REALIZADO POR: Marcelo R González G		
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS					
INSPECCIÓN VISUAL					
Prohibición De Grietas:	Cumple: No Cumple:	Tiempos De Soldadura	Cumple: No Cumple:		
Fusión De La Soldadura Del Metal	Cumple: No Cumple:	Disminución En El Tamaño Del Cordón De Soldadura	Cumple: No Cumple:		
Cráteres En La Sección Transversal	Cumple: No Cumple:	Socavamiento	Cumple: No Cumple:		
Perfiles De Soldadura	Cumple: No Cumple:	Porosidades En El Cordón	Cumple: No Cumple:		
INSPECCIÓN POR TINTAS PENETRANTES					
Prohibición De Grietas:	Cumple: No Cumple:	Socavamiento	Cumple: No Cumple:		
Fusión De La Soldadura Del Metal	Cumple: No Cumple:	Fisuras Encontradas En El Cordón	Cumple: No Cumple:		
Cráteres En La Sección Transversal	Cumple: No Cumple:	Fisuras Pasantes En El Cordón	Cumple: No Cumple:		
Perfiles De Soldadura	Cumple: No Cumple:	Porosidades Pasantes En El Cordón	Cumple: No Cumple:		
Mínimo Número De Porosidades	Cumple: No Cumple:	Revisión Por El Anverso De La Placa Base	Cumple: No Cumple:		
Disminución De Tamaño De Cordón De Soldadura	Cumple: No Cumple:	Revisión Por El Reverso De La Placa Base	Cumple: No Cumple:		
RESULTADOS DE TRACCIÓN (PROBETAS PLANAS)					
APROBADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	% DE ELONGACIÓN	OBSERVACIONES		
ENSAYO DE TRACCIÓN N°:		CLIFICA:	NO CALIFICA:		
RESULTADOS DEL ENSAYO DE DOBLADO					
APROBADO	OBSERVACIONES				
ENSAYO DE DOBLEZ N°:		CLIFICA:	NO CALIFICA:		
LIMITACIONES EN LA CALIFICACIÓN					
El procedimiento de soldadura queda habilitado para soldadura de ranura en placas de posición vertical.					
El proceso de soldadura utilizado es SMAW					
Límite de calificación en material de aporte: ER 70S-6.					
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con ASTM A 36					

L-S6TM

Acero Dulce, Recubrimiento de Cobre • AWS ER70S-6

Características principales

- ▶ Los altos niveles de desoxidantes de manganeso y silicio toleran superficies con escamación ligera hasta pesada.
- ▶ El excelente mojado brinda una óptima apariencia del cordón
- ▶ Recubrimiento de cobre para una larga vida de punta de contacto
- ▶ Soporta perfectamente transferencia de corto circuito, globular, rocío axial y rocío por pulsos
- ▶ MicroGuard[®] Ultra proporciona alimentación y estabilidad de arco superiores

Aplicaciones típicas

- ▶ Material base con escamación ligera a pesada.
- ▶ Hoja de acero de material con resistencia a la cedencia de 380 - 485 MPa (55 - 70 ksi)
- ▶ Reparaciones automotrices
- ▶ Automatización Pesada o robótica
- ▶ Acero estructural

Cumplimientos

AWS A5.18/A5.18M: 2005 ER70S-6

Posiciones de soldadura

Todas

Gas protector100% CO₂95-98% Mezcla Argón/O₂75-95% Mezcla Argón/CO₂

Flujo de Gas: 30-50 CFH

DIÁMETROS / EMPAQUE

Diámetro pulgadas (mm)	33 lb (15 kg) Carrete de plástico ABS	33 lb (15 kg) Carrete de acero ECO-SPOOL	33 lb (15 kg) Carrete de Madera MACOCEL	62 lb (28 kg) Carrete de Madera MACOCEL	Tambo 500 lb (227 kg) Accu-Trak [®]
0.030 (0.8)	73020140102		73020100102		
0.035 (0.9)	73020140103			73020100403	73020130703
0.039 (0.9)					73020130704
0.045 (1.1)	73020140105	73020120105		73020100405	73020130705
0.047 (1.2)		73020120106			73020130706
0.052 (1.3)	73020140107			73020100407	
1/16 (1.6)	73020140108				73020130708
Diámetro pulgadas (mm)	Tambo 661 lb (300 kg) Accu-Trak [®]	Tambo 882 lb (400 kg) Accu-Trak [®]	Reel 500 lb (227 kg) Accu-Trak [®] Reel	Reel 1000 lb (454 kg) Accu-Trak [®] Reel	Tambo 1000 lb (454 kg) Accu-Pak [®]
0.025 (0.6)			73020156501		
0.030 (0.8)				73020150803	
0.035 (0.9)	73020130603				
0.039 (0.9)					
0.045 (1.1)	73020130605				
0.047 (1.2)					
0.052 (1.3)	73020130607				
1/16 (1.6)	73020130608	730201122008			730201100808
0.078 (1.9)	730201120621	730201102021			

Pregunte a su Representante de Ventas Local por más presentaciones y diámetros disponibles.

COMPOSICIÓN DE ALAMBRE (1) – Según requisitos de AWS A5.18/A5.18M: 2005

	% C	% Mn	% Si	% S	% P
Requisitos - AWS ER70S-6	0.06-0.15	1.40-1.85	0.80-1.15	0.035 Máx.	0.025 Máx.
Resultados típicos ⁽³⁾	0.08	1.45	0.84	0.011	0.008
	% Cr	% Ni	% Mo	% V	% Cu (Total) ⁽⁴⁾
Requisitos - AWS ER70S-6	0.15 Máx.	0.15 Máx.	0.15 Máx.	0.03 Máx.	0.50 Máx.
Resultados típicos ⁽³⁾	0.025	0.013	0.002	0.002	0.12

PROPIEDADES MECÁNICAS⁽¹⁾ – Según requisitos de AWS A5.18/A5.18M: 2005

	Resistencia a la Cedencia ⁽²⁾ MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-Notch J (ft-lbf) a -30 °C (-22 °F)
Requisitos - AWS ER70S-6 Como se soldó con 100% CO ₂	400 (58) min.	480 (70) min.	22 min.	27 (20) min.
Resultados típicos ⁽³⁾ Como se soldó con 100% CO ₂	470 (68)	573 (83)	28	104 (72)

PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES TÍPICOS

Diámetro, gas protector, polaridad	CTWD ⁽⁵⁾ mm (in)	Velocidad de alimentación de alambre m/min (pulgadas/min)	Voltaje (volts)	Corriente aproximada (amperios)	Relación de Fusión kg/hr (lb/hr)
0.025 pulgadas (0.6 mm), CD+					
Transferencia de corto circuito 100% CO ₂	9-12 (3/8-1/2)	2.5 (100)	17	35	0.4 (0.9)
		6.4 (250)	19	80	0.9 (2.0)
0.030 pulgadas (0.8 mm), CD+					
Transferencia de corto circuito 100% CO ₂	9-12 (3/8-1/2)	1.9 (75)	17	35	0.4 (0.9)
		3.8 (150)	18	70	0.8 (1.8)
		7.6 (300)	22	130	1.6 (3.6)
0.035 pulgadas (0.9 mm), CD+					
Transferencia de corto circuito 100% CO ₂ ⁽⁶⁾	9-12 (3/8-1/2)	2.5 (100)	18	80	0.7 (1.6)
		3.8 (150)	19	120	1.1 (2.4)
		6.4 (250)	22	175	1.8 (4.0)
Transferencia de rocío 90% Ar/10% CO ₂	12-19 (1/2-3/4)	9.5 (375)	23	195	2.7 (6.0)
		12.7 (500)	29	230	3.6 (8.0)
		15.2 (600)	30	275	4.4 (9.6)
0.045 pulgadas (1.1 mm), DC+					
Transferencia de corto circuito 100% CO ₂ ⁽⁶⁾	12-19 (1/2-3/4)	3.2 (125)	19	145	1.5 (3.4)
		3.8 (150)	20	165	1.8 (4.0)
		5.1 (200)	21	200	2.5 (5.4)
Transferencia de rocío 90% Ar/10% CO ₂	12-19 (1/2-3/4)	8.9 (350)	27	285	4.2 (9.2)
		12.1 (475)	30	335	5.7 (12.5)
		12.7 (500)	30	340	6.0 (13.2)
0.052 pulgadas (1.3 mm), CD+					
Transferencia de rocío 90% Ar/10% CO ₂	12-19 (1/2-3/4)	7.6 (300)	30	300	4.8 (10.7)
		8.1 (320)	30	320	5.2 (11.5)
		12.3 (485)	32	430	7.8 (17.1)
1/16 pulgadas (1.6 mm), CD+					
Transferencia de rocío 90% Ar/10% CO ₂	12-25 (1/2-1)	5.3 (210)	27	325	4.8 (10.7)
		6.0 (235)	28	350	5.4 (12.0)
		7.4 (290)	29	430	6.7 (14.8)

(1) Metal depositado en la soldadura generalmente. (2) Medido con 0.2% de compensación. (3) Ver el descargo de responsabilidad de los resultados de la prueba en la siguiente página. (4) El cobre en el revestimiento del electrodo más el contenido de cobre del mismo electrodo aportado no debe exceder el 0.50% Máx. mencionado (5) CTWD (Distancia de Punta de Contacto al Punto de trabajo). Restar 1/4 pulgadas (6.4 mm) para calcular el electrodo sobresaliente. (6) Los procedimientos en estas áreas son procedimientos de modo de corto circuito utilizando 100% CO₂. Al usar 75% argón, 25% CO₂ para transferencia de corto circuito, reducir el voltaje en 1 a 2 volts.

Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS) y Certificados de Conformidad están disponibles en nuestro sitio web en www.lincolnelectric.com

RESULTADOS DE PRUEBAS

Los resultados de las pruebas de Propiedades Mecánicas, de Depósito o la Composición Química del Electrodo y los Niveles de Hidrógeno Difusible se obtuvieron de una soldadura producida y probada de acuerdo a las normas establecidas, y no se deben asumir como los resultados esperados en una aplicación o conjunto de aplicaciones particulares. Los resultados reales pueden variar dependiendo de muchos factores, incluyendo, pero no limitado a: el procedimiento de soldadura, la química y la temperatura de la placa, diseño de la soldadura y los métodos de fabricación. Se advierte a los usuarios que deben confirmar, mediante pruebas de calificación, o cualquier otro medio apropiado, la conveniencia de cualquier consumible de soldadura y el procedimiento antes de su uso en la aplicación prevista.

POLÍTICA DE ASISTENCIA AL CLIENTE

The Lincoln Electric Company es fabricante y vendedor de equipo de soldadura, consumibles y equipo de corte de alta calidad. Nuestro reto es satisfacer las necesidades de nuestros clientes y exceder sus expectativas. En ocasiones, los compradores pueden contactar a Lincoln Electric para obtener información o asesoramiento sobre el uso de nuestros productos. Nuestros empleados responden a las consultas en la medida de sus posibilidades, basándose en la información proporcionada por los clientes y con base en el conocimiento relacionado con la aplicación. Nuestros empleados, sin embargo, no están en condiciones de verificar la información recibida, o de evaluar los requerimientos de Ingeniería para una aplicación de soldadura particular. En consecuencia, Lincoln Electric no garantiza ni asume ninguna responsabilidad con respecto a dicha información o consejos. Por otra parte, el suministro de dicha información o asesoramiento no crea, ni amplía o modifica ninguna garantía en nuestros productos. Cualquier expresa o implícita garantía que pudiera derivarse de la información o consejo, incluyendo cualquier garantía implícita de comerciabilidad o cualquier garantía de idoneidad para un fin particular, de cualquier cliente queda específicamente excluida.

Lincoln Electric es un fabricante responsable, pero la selección y uso de productos específicos vendidos por el mismo está únicamente dentro del control de, y sigue siendo la única responsabilidad del cliente. Varias variables más allá del control de Lincoln Electric afectan los resultados obtenidos al aplicar estos tipos de métodos de fabricación y requerimientos de servicio.

Sujeto a Cambio - Esta información es precisa a lo mejor de nuestro conocimiento en el momento de la impresión. Consulte www.lincolnelectric.com para obtener información actualizada.

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY
22801 St. Clair Avenue • Cleveland, OH • 44117-1199 • U.S.A.
Phone: +1.216.481.8100 • www.lincolnelectric.com

LINCOLN®
ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS™

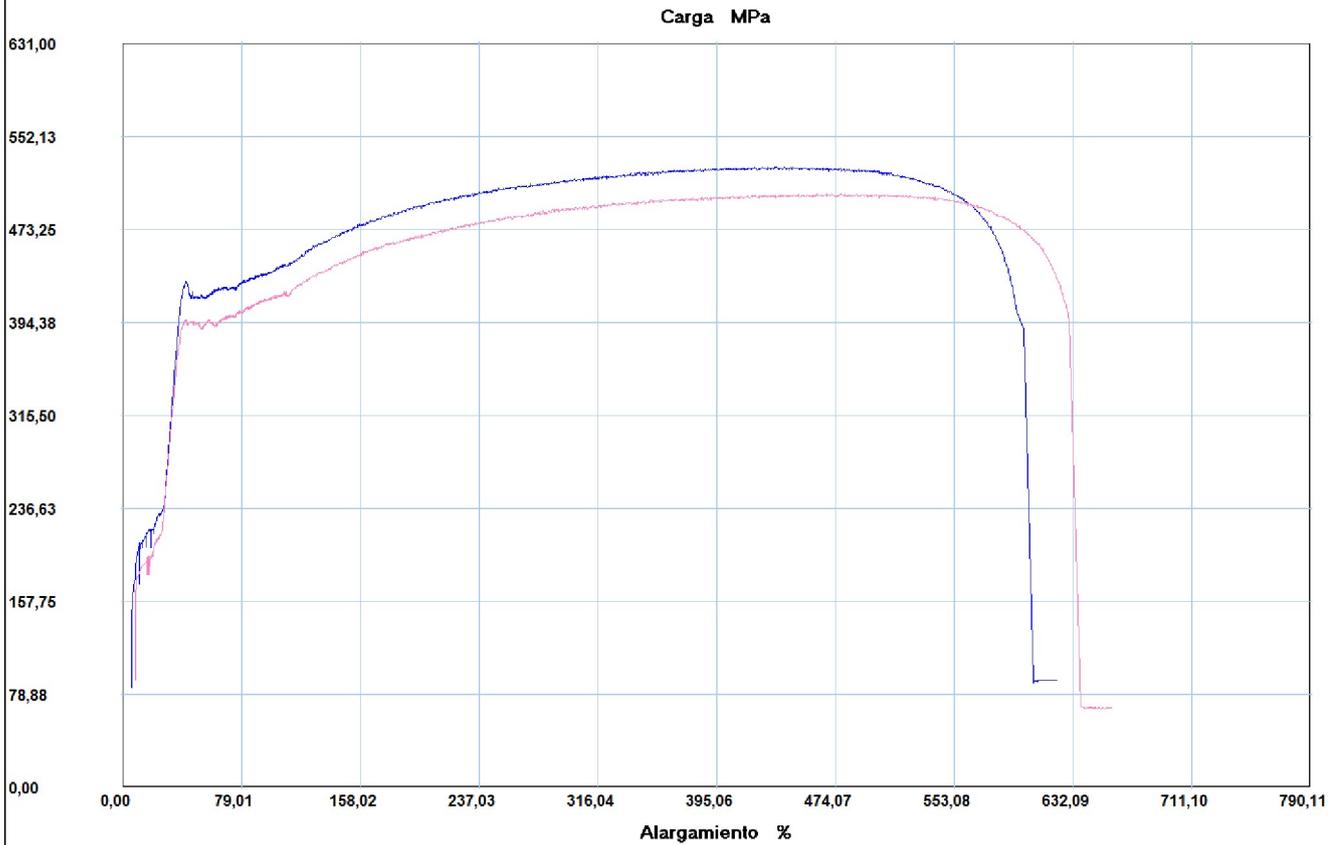
LINCOLN ELECTRIC MANUFACTURA S.A. DE C.V.
Bld. San Pedro #80, Desarrollo Industrial Mieleras • Torreón, Coah. • C.P. 27400 • México.
Phone: +52.871.729.0900 • www.lincolnelectric.com.mx

INFORME :
ENSAYO :

ETM 01
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : ISO 6892-1
 Fecha : 30/01/2019
 Hora : 15:28:10
 Temperatura : 29,4
 H.R.% : 42,8
 Pedido : 171809894820190129



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	31550,01	25900,01	25450,00	525,83	431,67	424,17
■ 2	30200,01	23800,00	23600,00	503,33	396,67	393,33
Media	30875,010	24850,005	24525,000	514,583	414,167	408,750
Mediana	30875,010	24850,005	24525,000	514,583	414,167	408,750
Desv. Std	954,594	1484,931	1308,148	15,910	24,749	21,802
Coef. V.	0,031	0,060	0,053	0,031	0,060	0,053
Máximo	31550,010	25900,010	25450,000	525,833	431,667	424,167
Mínimo	30200,010	23800,000	23600,000	503,333	396,667	393,333
Rango	1350,000	2100,010	1850,000	22,500	35,000	30,833
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	33738,792	29304,799	28449,443	562,313	488,413	474,157
-3 Sigma	28011,228	20395,211	20600,557	466,854	339,920	343,343

Parametros

Precarga	=	5000,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

Velocidades

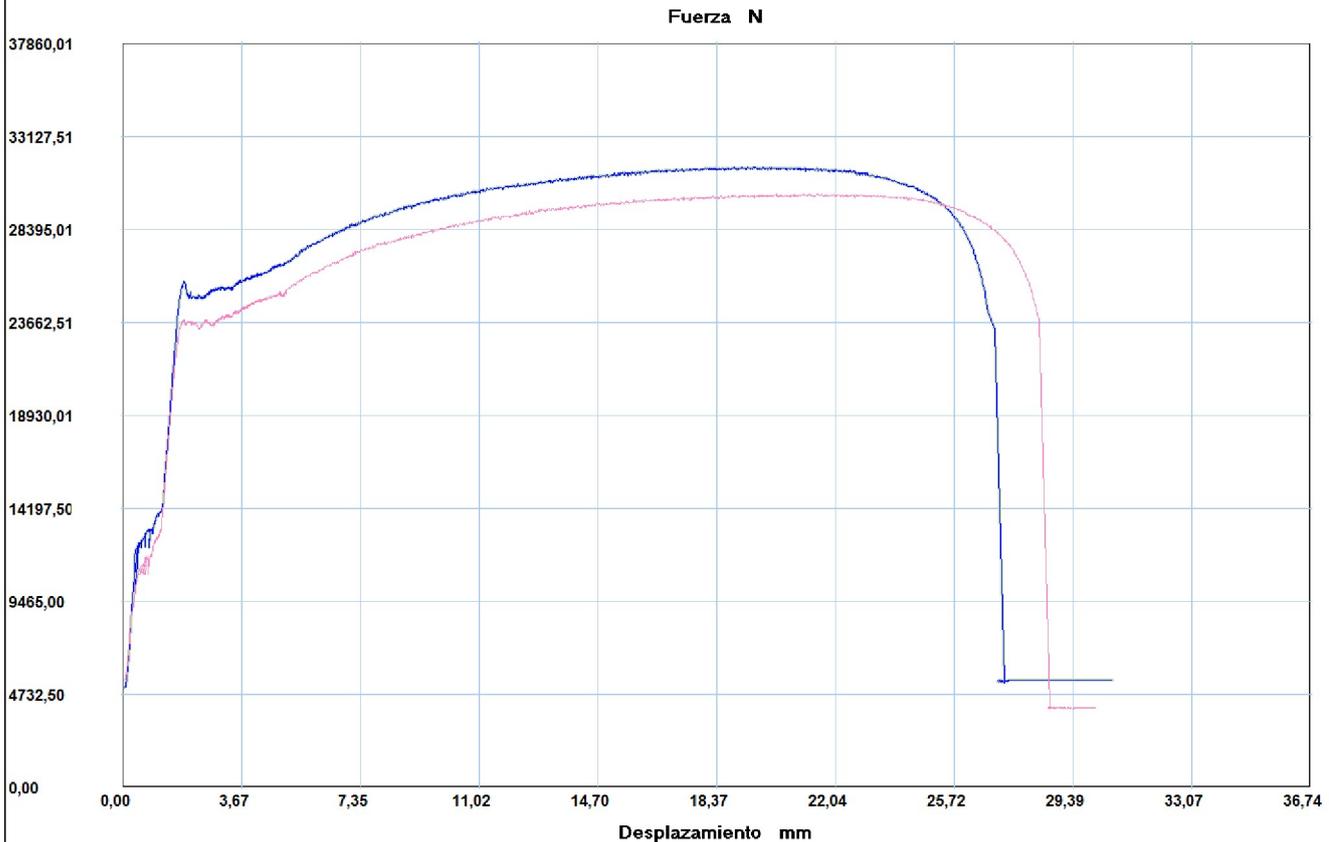
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	20,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ETM 01
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : ISO 6892-1
 Fecha : 30/01/2019
 Hora : 15:28:10
 Temperatura : 29,4
 H.R.% : 42,8
 Pedido : 171809894820190129



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	31550,01	25900,01	25450,00	525,83	431,67	424,17
■ 2	30200,01	23800,00	23600,00	503,33	396,67	393,33
Media	30875,010	24850,005	24525,000	514,583	414,167	408,750
Mediana	30875,010	24850,005	24525,000	514,583	414,167	408,750
Desv. Std	954,594	1484,931	1308,148	15,910	24,749	21,802
Coef. V.	0,031	0,060	0,053	0,031	0,060	0,053
Máximo	31550,010	25900,010	25450,000	525,833	431,667	424,167
Mínimo	30200,010	23800,000	23600,000	503,333	396,667	393,333
Rango	1350,000	2100,010	1850,000	22,500	35,000	30,833
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	33738,792	29304,799	28449,443	562,313	488,413	474,157
-3 Sigma	28011,228	20395,211	20600,557	466,854	339,920	343,343

Parametros

Precarga	=	5000,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

Velocidades

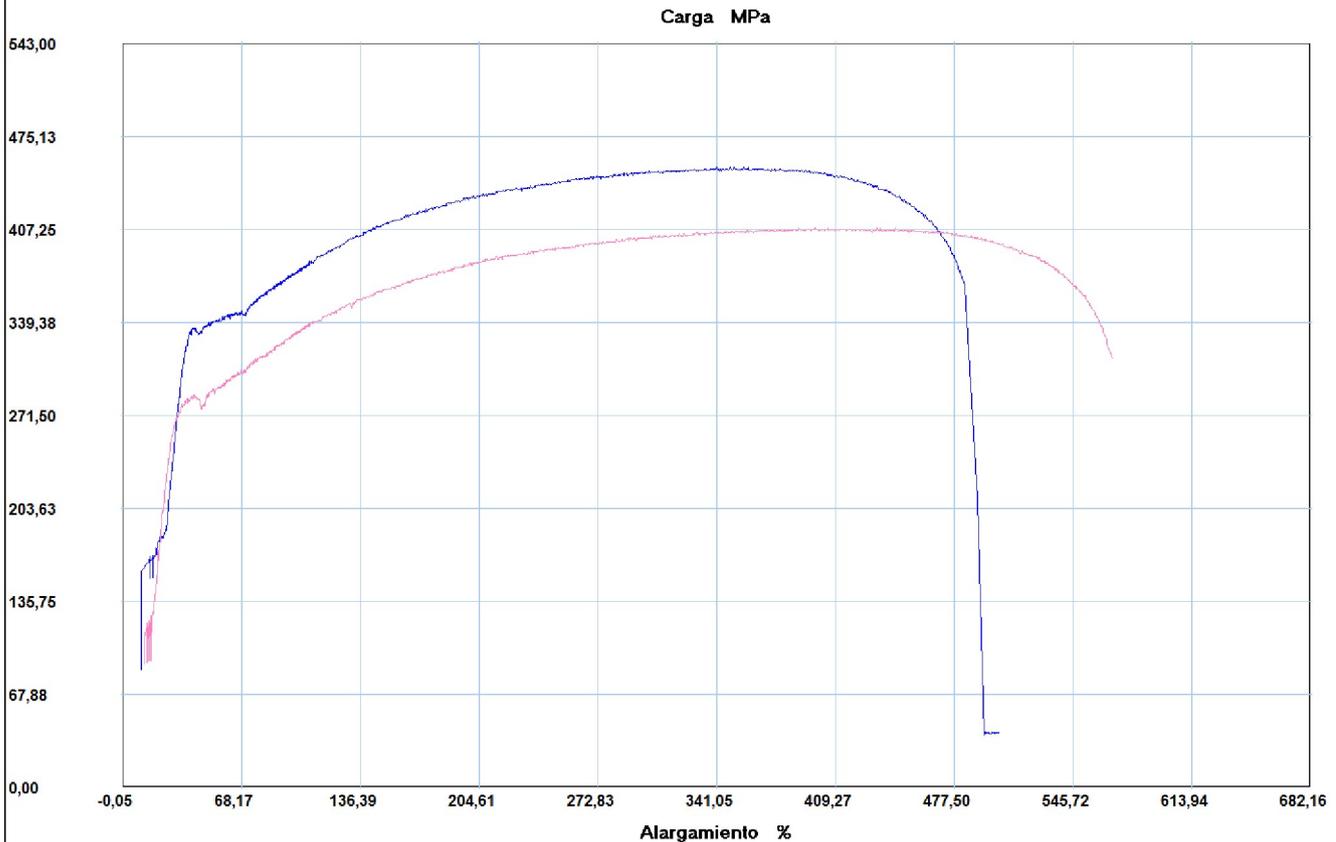
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	20,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ETM 02
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : ISO 6892-1
 Fecha : 30/01/2019
 Hora : 15:48:40
 Temperatura : 29,5
 H.R.% : 42,5
 Pedido : 171809894820190129



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	27150,01	22850,00	20050,00	452,50	380,83	334,17
■ 2	24500,00	18750,00	16900,00	408,33	312,50	281,67
Media	25825,005	20800,000	18475,000	430,417	346,667	307,917
Mediana	25825,005	20800,000	18475,000	430,417	346,667	307,917
Desv. Std	1873,840	2899,138	2227,386	31,231	48,319	37,123
Coef. V.	0,073	0,139	0,121	0,073	0,139	0,121
Máximo	27150,010	22850,000	20050,000	452,500	380,833	334,167
Mínimo	24500,000	18750,000	16900,000	408,333	312,500	281,667
Rango	2650,010	4100,000	3150,000	44,167	68,333	52,500
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	31446,525	29497,413	25157,159	524,109	491,624	419,286
-3 Sigma	20203,485	12102,587	11792,841	336,725	201,710	196,547

Parametros

Precarga	=	5000,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

Velocidades

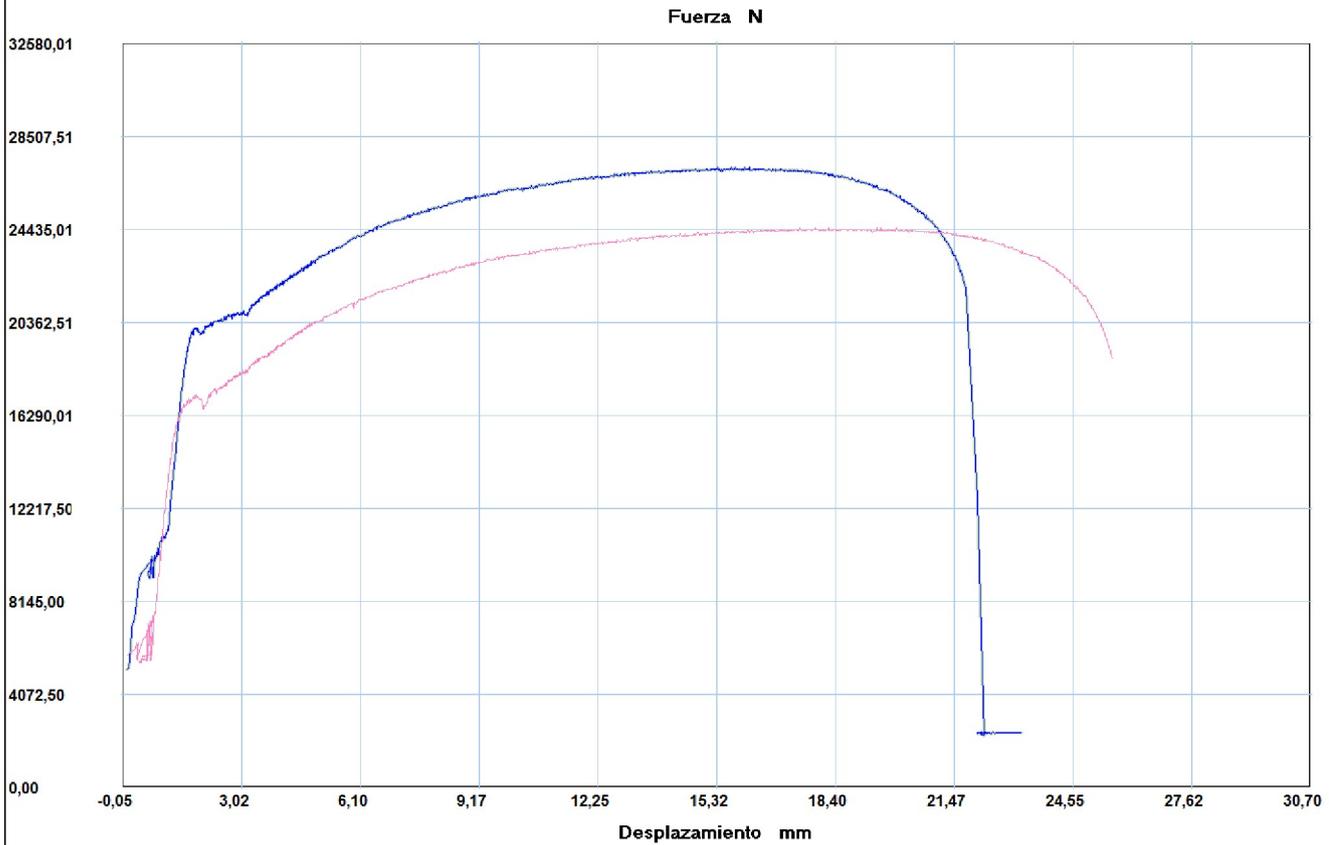
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	20,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ETM 02
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : ISO 6892-1
 Fecha : 30/01/2019
 Hora : 15:48:40
 Temperatura : 29,5
 H.R.% : 42,5
 Pedido : 171809894820190129



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	27150,01	22850,00	20050,00	452,50	380,83	334,17
■ 2	24500,00	18750,00	16900,00	408,33	312,50	281,67
Media	25825,005	20800,000	18475,000	430,417	346,667	307,917
Mediana	25825,005	20800,000	18475,000	430,417	346,667	307,917
Desv. Std	1873,840	2899,138	2227,386	31,231	48,319	37,123
Coef. V.	0,073	0,139	0,121	0,073	0,139	0,121
Máximo	27150,010	22850,000	20050,000	452,500	380,833	334,167
Mínimo	24500,000	18750,000	16900,000	408,333	312,500	281,667
Rango	2650,010	4100,000	3150,000	44,167	68,333	52,500
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	31446,525	29497,413	25157,159	524,109	491,624	419,286
-3 Sigma	20203,485	12102,587	11792,841	336,725	201,710	196,547

Parametros

Precarga	=	5000,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	20,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail:	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Probetas soldadas.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6892-1 Materiales metálicos. - Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-ETM 01	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
2	171809894820190129-ETM 02	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
Total				4

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171809894820190129-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
2	171809894820190129-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
3	171809894820190129-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
4	171809894820190129-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019

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 Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 171809894820190129-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_011

Empresa / Clientes: Ing. Javier Martínez Gómez.

RUC/C.I.: 1757178536001

Ciudad: Quito.

Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.

Teléfono: 0988242196

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.

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: N/A

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.

Modelo: MTE 1500

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min.

Precarga: 5000 N

Designación del material: Probetas soldadas.

Fecha de Inicio de Ensayo: 30/01/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 30/01/2019

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas soldadas de materiales metálicos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-ETM 01	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
2	171809894820190129-ETM 02	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
Total				4

Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.

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:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López E. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 08 de febrero de 2019

N°. Factura: 001-002-000006458



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
1	171809894820190129-ETM 01-1	29,4	42,8	20	3	N/A	N/A	31550,01	25450	25900	525,83	424,17	431,67	N/A
2	171809894820190129-ETM 01-2	29,4	42,8	20	3	N/A	N/A	30200,01	23600	23800	503,33	393,33	396,67	N/A
Promedio \bar{X}								30875,010	24525,000	24850,000	514,584	408,750	414,167	N/A
Desviación estándar S_{n-1}								954,594	1308,148	1484,924	15,910	21,802	24,749	N/A
Coeficiente de variación CV								3,09	5,33	5,98	3,09	5,33	5,98	N/A

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
3	171809894820190129-ETM 02-1	29,5	42,5	20	3	N/A	N/A	27150,01	20050,00	22850,00	452,50	334,17	380,83	N/A
4	171809894820190129-ETM 02-2	29,5	42,5	20	3	N/A	N/A	24500,00	16900,00	18750,00	408,33	281,67	312,50	N/A
Promedio \bar{X}								25825,005	18475,000	20800,000	430,417	307,917	346,667	N/A
Desviación estándar S_{n-1}								1873,840	2227,386	2899,138	31,231	37,123	48,319	N/A
Coeficiente de variación CV								7,26	12,06	13,94	7,26	12,06	13,94	N/A



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail:	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Probetas soldadas.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6892-1 Materiales metálicos. - Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171809894820190129-ETM 01-1	20/01/2019	30/01/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
2	171809894820190129-ETM 01-2	20/01/2019	30/01/2019	Cliente	Se entrega al cliente	



3	171809894820190129-ETM 02-1	20/01/2019	30/01/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
4	171809894820190129-ETM 02-2	20/01/2019	30/01/2019	Cliente	Se entrega al cliente	

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro 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 Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EDS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail:	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Probetas soldadas.
Método de ensayo: ISO 5173: 2009: Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-EDS 01	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
2	171809894820190129-EDS 02	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
Total				4

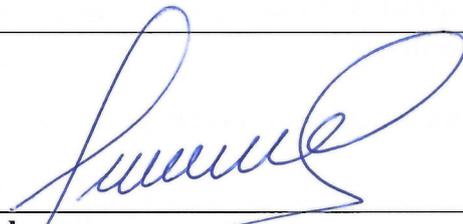
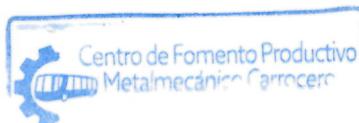
Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171809894820190129-EDS 01-1	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
2	171809894820190129-EDS 01-2	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
3	171809894820190129-EDS 02-1	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019
4	171809894820190129-EDS 02-2	Cumple criterios dimensionales.	20/01/2019

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 Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS EN MATERIALES
METÁLICOS. ENSAYOS DE FLEXIÓN

INFORME DE RESULTADOS N°: 171809894820190129-EDS

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_011
Empresa / Clientes: Ing. Javier Martínez Gómez.
RUC/C.I.: 1757178536001 **Ciudad:** Quito.
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.
Teléfono: 0988242196 **Correo:** adrianicza@hotmail.com
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: ISO 5173: 2009: Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.
Tipo de ensayo: Cualitativo.
Tipo de probeta: Plana
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.
Modelo: MTE 1500 **Serie:**8210M002
Velocidad de ensayo: 50 mm/min **Precarga:** 2000 N
Designación del material: Probetas soldadas.
Fecha de Inicio de Ensayo:08/02/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:**08/02/2019
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas soldadas de materiales metálicos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-ETM 01	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
2	171809894820190129-ETM 02	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
Total				4

Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.

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:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 08 de febrero de 2019
N°. Factura:001-002-000006458



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del objeto de ensayo (mm)			Símbolo de ensayo de flexión	Distancia entre apoyos (mm)	Diámetro del rodillo (mm)	Angulo de doblez	Longitud de las indicaciones (mm)	Evaluación del ensayo
				Longitud	Ancho	Espesor						
1	171809894820190129-EDS 01-1	24,3	53,2	140	12,01	2,99	TRBB	100	12	180 °	Ninguna	Conforme
2	171809894820190129-EDS 01-1	24,3	53,2	140	12,48	3,00	RTBB	100	12	180 °	3,45	No Conforme

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del objeto de ensayo (mm)			Símbolo de ensayo de flexión	Distancia entre apoyos (mm)	Diámetro del rodillo (mm)	Angulo de doblez	Longitud de las indicaciones (mm)	Evaluación del ensayo
				Longitud	Ancho	Espesor						
3	171809894820190129-EDS 02-1	24,7	52,3	140	13,12	2,98	TRBB	100	12	180 °	Ninguna	Conforme
4	171809894820190129-EDS 02-1	24,7	52,3	140	13,01	2,95	TRBB	100	12	180 °	Ninguna	Conforme

Nota: TRBB: Ensayo de flexión de raíz para una soldadura a tope.



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EDS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail:	

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:
Probetas soldadas.

Método de ensayo:

ISO 5173: 2009; Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171809894820190129-EDS 01-1	20/01/2019	08/02/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
2	171809894820190129-EDS 01+2	20/01/2019	08/02/2019	Cliente	Se entrega al cliente	



3	171809894820190129-EDS 02-1	20/01/2019	08/02/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
4	171809894820190129-EDS 02-2	20/01/2019	08/02/2019	Cliente	Se entrega al cliente	

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro 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 Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EMS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos, Quito.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail: adrianicaza@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico A36 con procesos de soldadura MIG, SMAW
Método de ensayo: ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de Soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-EMS 01	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
2	171809894820190129-EMS 02	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
			Total	4

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y proceso de soldadura es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171809894820190129-EMS 01-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
2	171809894820190129-EMS 01-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
3	171809894820190129-EMS 02-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
4	171809894820190129-EMS 02-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29

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:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO
ENSAYO DE MACROGRAFÍA

INFORME DE RESULTADOS N°: 171809894820190129-EMS

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_004.
Empresa / Cliente: Javier Martínez Gómez.
RUC/C.I.: 1757178536001 **Ciudad:** Quito
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos
E-mail: adrianicaza@hotmail.com **Teléfono:** 0988242196

DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catigлата. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.
Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS Modelo SZ61TR Serie: 4H04565
Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5 **Magnificación:** 6.7 a 45X
Nombre/Composición del atacante: Nital / 4% de ácido nítrico
Método de ataque: Swabbing etching.
Temperatura de ataque: Ambiente
Tiempo de ataque: 8 segundos.
Tipo de verificación: Visual
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/01/29 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/02/04.

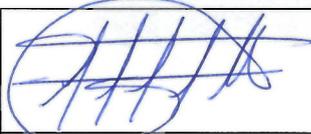
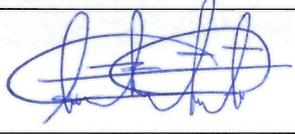
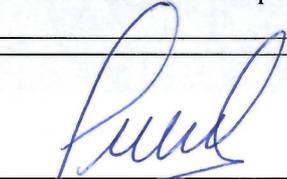
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *material metálico con distintos procesos de soldadura*. La recepción de las probetas de ensayo se efectuó en el Laboratorio de análisis metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del HGPT.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material Base	Proceso de Soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-EMS 01	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
2	171809894820190129-EMS 02	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
Total				4

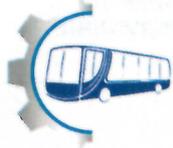
Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

		
Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

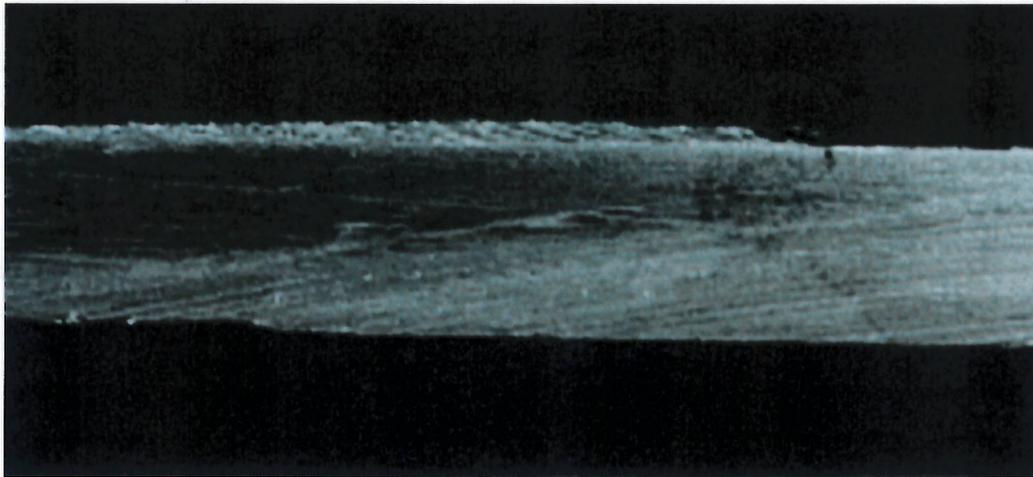
Fecha de emisión de Informe: Ambato, 05 de febrero de 2019

N°. Factura: 001-002-0006457

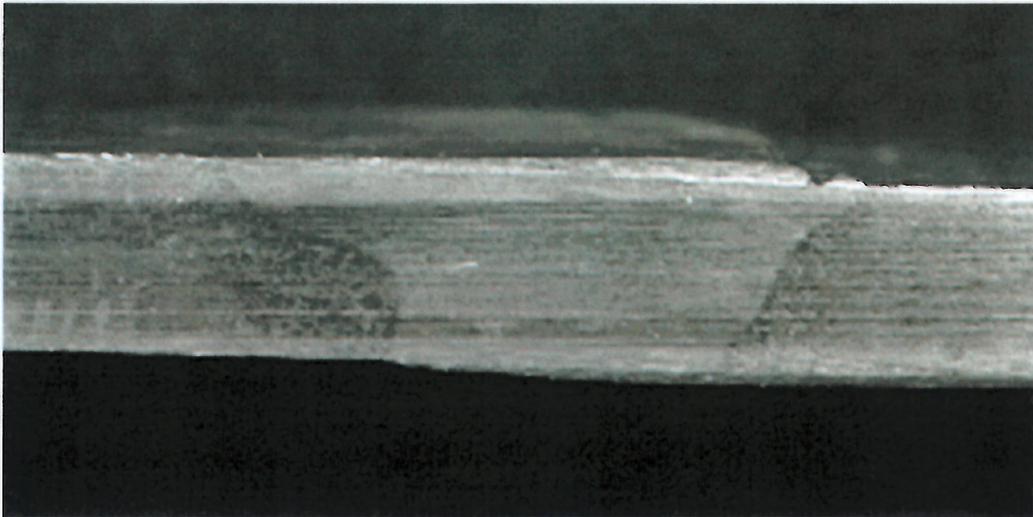


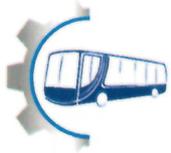


Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 01-1

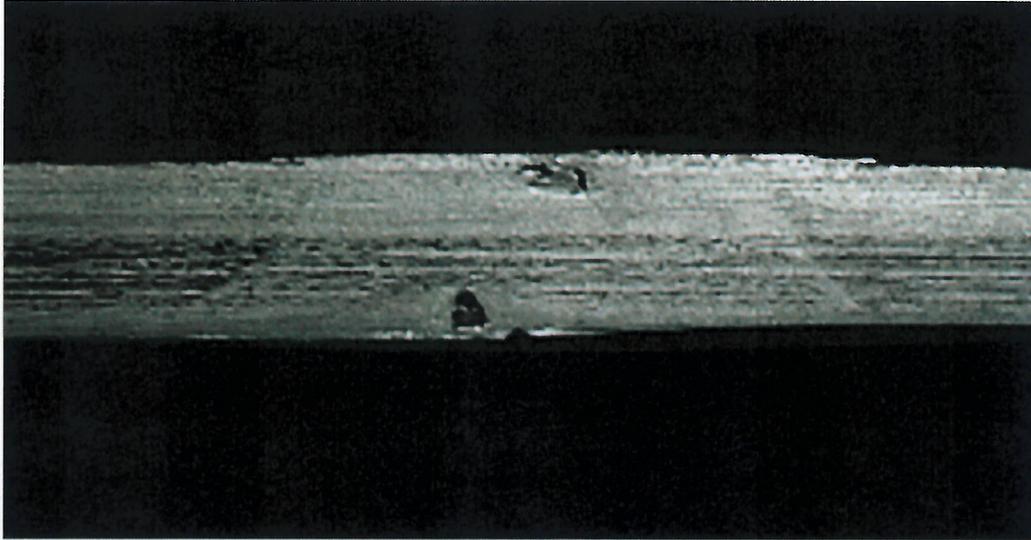


Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 01-2

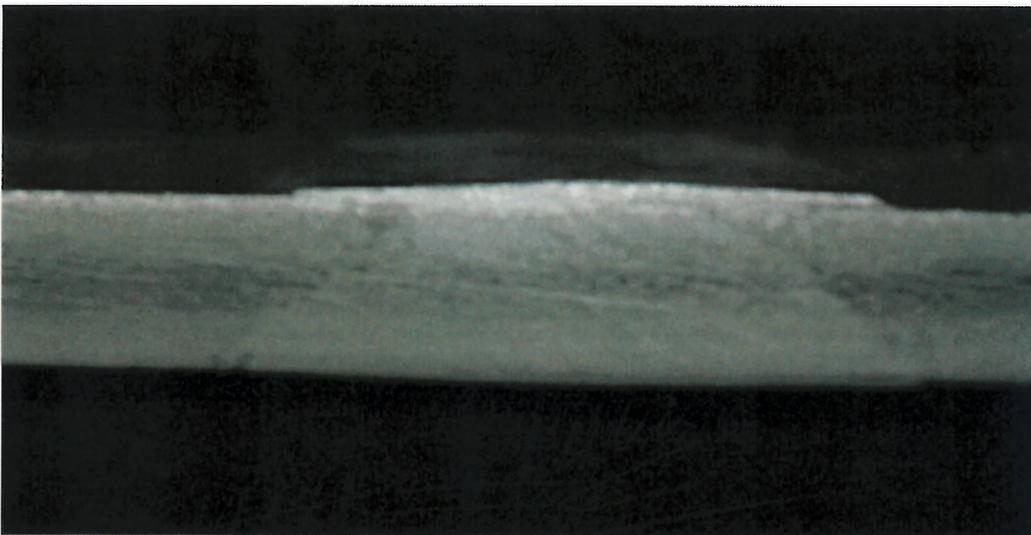




Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 02-1



Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 02-2





HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EMS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos, Quito.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail: adrianicaza@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico A36 con procesos de soldadura MIG, SMAW.
Método de ensayo: ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171809894820190129-EMS 01-1	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	
2	171809894820190129-EMS 01-2	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	171809894820190129-EMS 02-1	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	
4	171809894820190129-EMS 02-2	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las probetas de los grupos por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, 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			



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EDB	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos, Quito.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail: adrianicaza@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico A36 con procesos de soldadura MIG, SMAW
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	Proceso de Soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-EDB 01	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
2	171809894820190129-EDB 02	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
Total				4

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y proceso de soldadura es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171809894820190129-EDB 01-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
2	171809894820190129-EDB 01-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
3	171809894820190129-EDB 02-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29
4	171809894820190129-EDB 02-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/01/29

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 Mg. 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. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL

INFORME DE RESULTADOS N°: 171809894820190129-EDB

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_004.
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.
RUC/C.I.: 1757178536001 **Ciudad:** Quito
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos
E-mail: adrianicaza@hotmail.com **Teléfono:** 0988242196

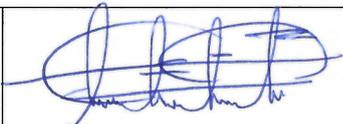
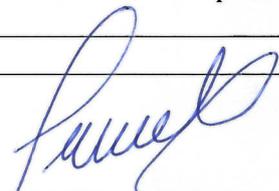
DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Equipo utilizado: 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: 97 HB/30 (ACEPTABLE).
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/01/30 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/02/04.
 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	Proceso de Soldadura	Probetas a Ensayar
1	171809894820190129-EDB 01	Acero ASTM A36	GMAW ER70S-6	2
2	171809894820190129-EDB 02	Acero ASTM A36	SMAW E6011	2
Total				4

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:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones-CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de emisión de Informe: Ambato, 05 de febrero de 2019
N°. Factura: 001-002-000006457





Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL		
				Medición ZF	Medición ZF/ZAT	Medición ZAT
1	171809894820190129-EDB 01-1	23,5	55,6	199	149	122
2	171809894820190129-EDB 01-2	23,5	55,6	184	150	114
		Promedio		191,50	149,50	118,00
		Desviación estándar		10,61	0,71	5,66
		Coefficiente de variación		5,54	0,47	4,79

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL		
				Medición ZF	Medición ZF/ZAT	Medición ZAT
3	171809894820190129-EDB 02-1	23,7	54,6	143	126	103
4	171809894820190129-EDB 02-2	23,7	54,6	146	131	97
		Promedio		144,50	128,50	100,00
		Desviación estándar		2,12	3,54	4,24
		Coefficiente de variación		1,47	2,75	4,24

Nomenclatura	
ZF	Zona Fundida
ZF/ZAT	Límite entre ZF y ZAT
ZAT	Zona Afectada Térmicamente
MB	Material Base

Observaciones del ensayo: Ninguna.

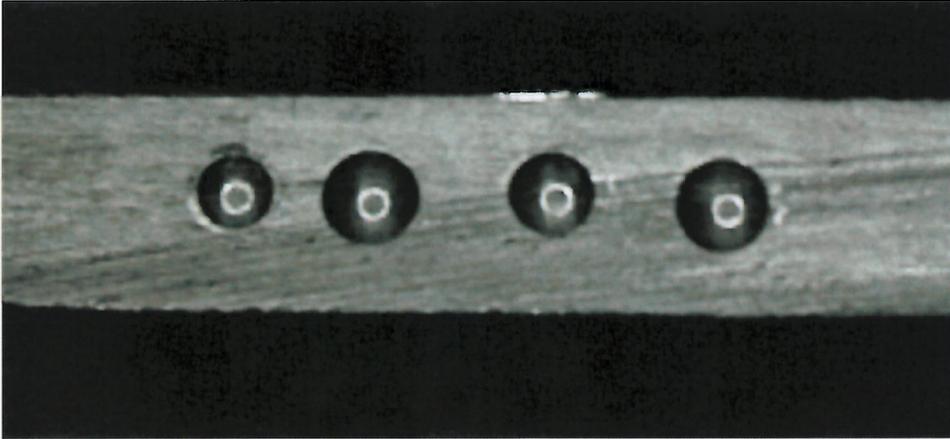
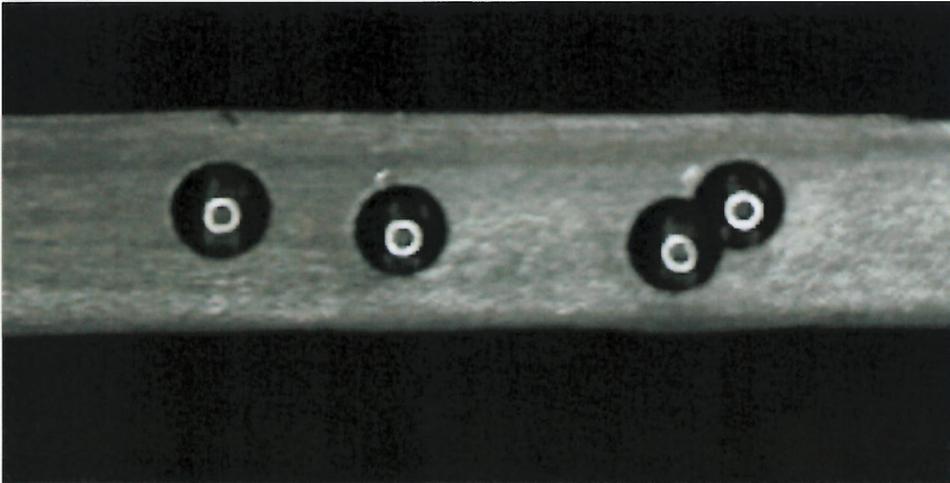


ANEXO

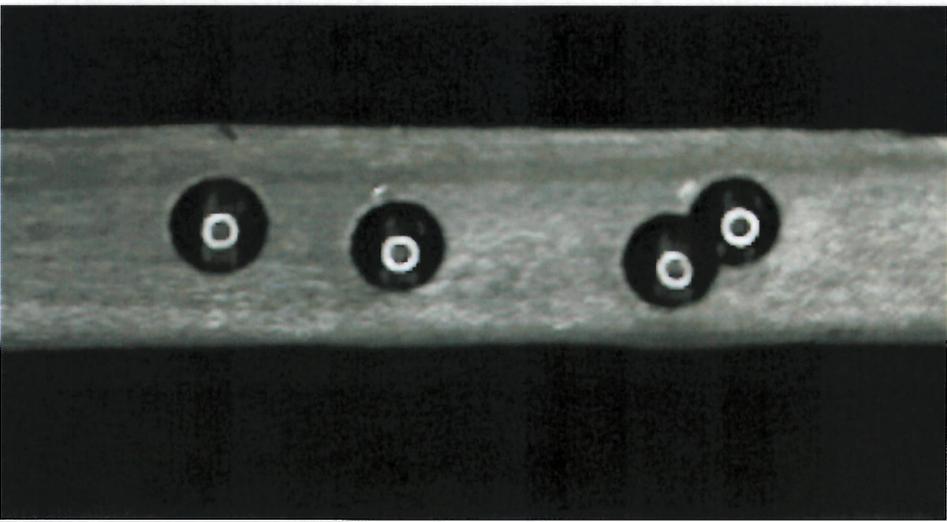
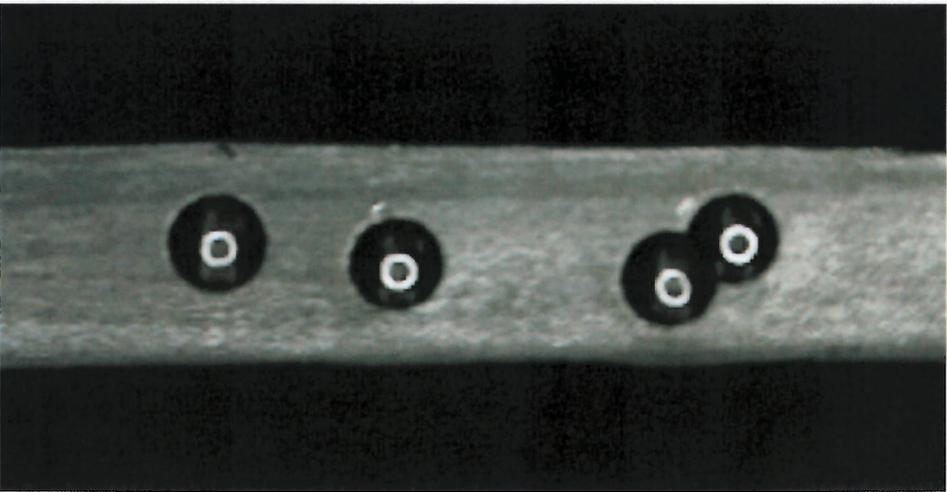
Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS. Modelo SZ61TR Serie: 4H04565

Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5

Magnificación: 6.7 a 45X

Probeta	Identificación de probeta
1	171809894820190129-EDB 01-1
	
2	171809894820190129-EDB 01-2
	



Probeta	Identificación de probeta
3	171809894820190129-EDB 02-1
	
4	171809894820190129-EDB 02-2
	



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 171809894820190129-EDB	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Ing. Javier Martínez Gómez.	
Dirección: OEA Jorge Pérez Concha N66-185 y Los Cerezos, Quito.	
Núm. de cédula / RUC: 1757178536001	Teléfono: 0988242196
E-mail: adrianicaza@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico A36 con procesos de soldadura MIG, SMAW.
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	171809894820190129-EDB 01-1	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	
2	171809894820190129-EDB 01-2	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	171809894820190129-EDB 02-1	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	
4	171809894820190129-EDB 02-2	2019/01/29	2019/02/06	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las probetas de los grupos por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEing. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	