

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo Experimental Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico

TEMA:

“ANÁLISIS DE SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA PARA
FISURAS EN HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU APLICACIÓN EN LA
RECONSTRUCCIÓN DE UN BLOCK.”

AUTOR: Christian Andrés *Morales Miranda*

TUTOR: *Ing. Segundo Espín, Mg.*

AMBATO –ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, con el tema “*ANÁLISIS DE SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA PARA FISURAS EN HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU APLICACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE UN BLOCK.*”, desarrollado por el estudiante Christian Andrés Morales Miranda, portador de la cédula de ciudadanía: 180360090-5, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, me permito informar que este ha sido concluido en su totalidad, y por tanto puede continuar con el respectivo tramite de graduación.

Ambato, Enero 2018

.....

Ing. Segundo Espín, Mg.

DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE TRABAJO

Declaro que los criterios expresados en la investigación denominada “**ANÁLISIS DE SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA PARA FISURAS EN HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU APLICACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE UN BLOCK.**”, así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta original es auténtica y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de la presente investigación de grado.

Ambato, Enero 2018

EL AUTOR

.....

Egdo. Christian Andrés Morales Miranda

CI: 180360090-5

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

.....
Christian Andrés Morales Miranda
C.I: 180360090-5
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del trabajo experimental, bajo el tema: “ANÁLISIS DE SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA PARA FISURAS EN HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU APLICACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE UN BLOCK.”, del egresado Christian Andrés Morales Miranda de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Enero 2018

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Juan Paredes

.....

Ing. Mg. Henry Vaca

DEDICATORIA

“No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia.”

Isaías 41:10

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios porque este trayecto no fue solamente mío sino de los dos, gracias por poner personas, momentos y tiempos correctos en mi vida para que este anhelo de mi corazón se haya hecho realidad.

A mi madre Nancy Miranda que siempre apoyó mis sueños, siempre me dio fuerzas y siempre estuvo conmigo, tu eres el mayor ejemplo de esfuerzo, constancia y amor en mi vida.

A mi padre Alex Morales que desde niño inculcó buenos valores en mí, me enseñó a luchar por lo que quiero y a esforzarme por cumplir mis sueños.

A mi hermano Israel por ser ese ejemplo de integridad, ser mi apoyo incondicional y enseñarme el valor de la unidad.

A mi hermana Pamela a quien quiero dejar un buen ejemplo de esfuerzo y sacrificio, tu gran amor e inocencia han sido parte de la inspiración para ser cada día mejor en la vida.

A todas las personas que me apoyaron en este camino que me supieron guiar espiritual y humanamente, sembrando en mí la fe, la confianza y el amor para luchar por mis metas y mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por haberme formado como persona y demostrar que con amor y unidad se puede superar cualquier obstáculo en la vida.

A Jorge Flores por demostrar una amistad sincera brindarme sus conocimientos técnicos y darme apoyo incondicional siendo parte fundamental para la culminación de esta investigación.

Al Ing. Mg. Segundo Espín tutor de esta investigación por brindarme su tiempo, conocimiento y darme sugerencias que ayudaron a culminar el presente proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y sus docentes por transmitirme sus conocimientos y haberme formado profesionalmente.

Al Ing. Esteban López por su calidad de ser humano y profesional que por medio del Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero apoyaron a esta investigación, centro en el cual se realizaron todos los ensayos presentados en este proyecto.

A todos mis compañeros que con el pasar del tiempo formamos una estrecha amistad, demostrando que el trabajo en equipo se logra cuando hay pasión, dedicación y esfuerzo, gracias por su apoyo, sus consejos y todas las experiencias vividas.

“Nunca dejes de leer el libro de la ley; estúdialo de día y de noche, y ponlo en práctica: de este modo llevarás a cabo tus proyectos y tendrás éxito. Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque yo soy tu Dios y estaré contigo dondequiera que vayas”

Josué 1:8-9

Índice General

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
Índice General	VIII
Índice de Gráficos	XII
Índice de Tablas	XIV
Resumen ejecutivo	XVI
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II	6

FUNDAMENTACIÓN.....	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1 Perspectiva de la tecnología de la soldadura.....	6
2.1.2 Tipos de proceso de soldadura.....	6
2.1.3 Calidad de la soldadura.....	11
2.1.4 Soldabilidad.....	11
2.1.5 Costura Mecánica.....	12
2.1.6 Sujetadores roscados.....	13
2.1.7 Procesos de maquinado.....	16
2.1.8 Pegado adhesivo.....	17
2.1.9 Hierro fundido gris.....	21
2.1.10 Ensayos no destructivos (END).....	25
2.2 HIPÓTESIS.....	30
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	30
2.3.1. Variable Independiente.....	30
2.3.2. Variable Dependiente.....	30
CAPÍTULO III.....	31
METODOLOGÍA.....	31
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.1.1. Exploratorio.....	31
3.1.2. Descriptivo.....	31

3.1.3. Bibliográfico	31
3.1.4. Experimental	31
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
3.2.1 Población.....	32
3.2.2 Muestra.....	32
3.2.3 Tamaño de las probetas	32
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
3.3.1 Variable Independiente	35
3.3.2 Variable Dependiente.....	36
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	36
3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	37
3.5.1 Procesamiento de la Información.....	37
3.5.2 Análisis de la Información	38
CAPÍTULO IV.....	39
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	41
4.1.1 Ficha de reporte de hierro fundido gris adquirido en fábrica.....	43
4.1.2 Fichas de ensayo metalográfico del material base	44
4.1.3 Fichas de ensayo de tracción del material base.....	47
4.1.4 Fichas de ensayo de dureza del material base	52
4.1.5 Fichas de ensayo de impacto del material base.....	53

4.1.6 Composición química del material base	54
4.1.7 Composición del hierro fundido.....	55
4.1.8 Comparación de tipo de grafito y clase de fundición.....	56
4.1.9 Caracterización del Material Base	60
4.1.10 Análisis de probetas sometidas a tracción de hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.	61
4.1.11 Análisis de probetas sometidas a impacto de hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.	87
4.1.12 Análisis de probetas sometidas a ensayo de dureza en hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.	95
4.1.13 Análisis de probetas sometidas a ensayo metalográfico en hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.	103
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	111
4.2.1 Interpretación de resultados en ensayos a tracción	111
4.2.2 Interpretación de resultados en ensayos a impacto	119
4.2.3 Interpretación de resultados en ensayos de dureza	122
4.2.4 Interpretación de resultados metalográficos.....	125
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	126
Hipótesis.....	126
4.4 Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E.....	134
4.4.1 Características del monoblock	134
4.4.2 Detección de fisura por medio de ensayos no destructivos (END).....	136

4.4.3 Reconstrucción del block	143
4.4.4 Comprobación de reparación por ensayos no destructivos (END)	148
4.5 Previsión de la evaluación del proceso de soldadura en frío y costura mecánica	154
CAPÍTULO V	155
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	155
5.1 CONCLUSIONES	155
5.2 RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFÍA	158

Índice de Gráficos

FIGURA 1. Ensamble típico usado en tornillo [4].	13
FIGURA 2. Tipos de cabezas disponibles en tornillos [4].....	14
FIGURA 3. Tipos de esfuerzos que deben considerarse en la unión adhesiva: a) de tensión, b) de corte [6].	18
FIGURA 4. Tipos de diseños de uniones adhesivas: de la a) a la d), uniones empalmadas; e) y f), uniones en T; de la g) a la j) uniones en esquina [6].....	19
FIGURA 5. Pegado adhesivo combinado con otros métodos: a) soldadura de puntos y pegado adhesivo (adhesivo soldado); b) atornillado y pegado adhesivo y c) formado y pegado adhesivo [6].	19
FIGURA 6. Tipos de copos de grafito en hierro gris (AFS-ASTM). En la práctica recomendada (ASTM A 247) [7].	24
FIGURA 7. Proceso de tintas penetrantes [10].....	28

FIGURA 8. Suggested completed join penetration single grooves [11].....	33
FIGURA 9. Probeta para ensayo de tracción [12].	33
FIGURA 10. Probeta para ensayo de impacto [13].	34
FIGURA 11. Probeta para ensayo de espectrometría.	54
FIGURA 12. Rangos de composición de carbono y silicio de hierros fundidos comunes y acero [7].	55
FIGURA 13. Fuerza de rotura y grupos de variables.....	115
FIGURA 14. Resistencia a la rotura y grupos de variables.	116
FIGURA 15. Elongación y grupos de variables.	117
FIGURA 16. Reducción de área y grupos de variables. Autor.....	118
FIGURA 17. Energía absorbida y grupos de variables.....	120
FIGURA 18. Energía absorbida y grupos de variables.....	121
FIGURA 19. Dureza Rockwell B y grupos de variables.	123
FIGURA 20. Dureza Brinell y grupos de variables.	124
FIGURA 21. Distribución t-Student [14].....	131
FIGURA 22. Diagrama de araña de los grupos configurados a tope.....	132

Índice de Tablas

Tabla 1. Normas de tamaño de sujetadores roscados ISO y ANSI [4].	14
Tabla 2. Adhesivos sintéticos importantes [9].	20
Tabla 3. Propiedades mecánicas típicas de prueba estándar de hierro gris [7].	23
Tabla 4. Variable independiente	35
Tabla 5. Variable dependiente.....	36
Tabla 6. Ensayos y designación de probetas	41
Tabla 7. Metalografía de las probetas	41
Tabla 8. Probetas ensayadas a tracción	41
Tabla 9. Probetas ensayadas a impacto	42
Tabla 10. Dureza de probetas.....	42
Tabla 11. Caracterización de Variables	42
Tabla 12. Composición química del material base	54
Tabla 13. Propiedades y características del material base	60
Tabla 14. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo A	111
Tabla 15. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo B	112
Tabla 16. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo C	112
Tabla 17. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo D	112
Tabla 18. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo E.....	113

Tabla 19. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo F.....	113
Tabla 20. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo G.....	113
Tabla 21. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo H.....	114
Tabla 22. Resultados promedio de probetas ensayadas a tracción de cada uno de los grupos.....	114
Tabla 23. Resultados promedio de probetas ensayadas a impacto de cada uno de los grupos.....	119
Tabla 24. Resultados promedio en probetas de ensayos de dureza de cada uno de los grupos.....	122
Tabla 25. Análisis de ensayo metalográfico	125
Tabla 26. Resultados de ensayos a tracción	128
Tabla 27. Propiedades mecánicas de los grupos configurados a tope.....	132

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Autor: Christian Andrés Morales Miranda

Tutor: Ing. Segundo Espín, Mg.

Resumen ejecutivo

En la actualidad la recuperación por soldadura en componentes de hierro fundido es muy importante, considerando que estas fundiciones son de uso común en el área industrial. Sin embargo, este objetivo no es fácil de lograr por las propiedades físicas que posee este material. Su dificultad para soldar se puede deber a varios factores como la baja plasticidad por su alto contenido de carbono, la formación de cementita, formación y crecimiento de poros u otros factores que afectan o disminuyen las propiedades mecánicas del material.

En el siguiente trabajo de investigación, se muestra el análisis de soldadura en frío y costura mecánica por medio de un proceso experimental realizado en las juntas de hierro fundido gris, aplicando diferentes variables en el proceso de costura mecánica considerando variables como el diámetro de pernos, distancias entre pernos y material de los pernos utilizado en el proceso de costura mecánica para cada una de ellas.

El procedimiento de costura mecánica y soldadura en frío fue evaluado por medio de probetas las cuales fueron sometidas a ensayos de tracción, dureza e impacto Charpy y también se realizó el análisis metalográfico en el material base para poder determinar las propiedades mecánicas, los ensayos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, posteriormente los resultados fueron tabulados y analizados, obteniendo como conclusión que el grupo E, con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, es el que obtuvo un mejor comportamiento siendo este proceso el adecuado para soldadura en frío y costura mecánica.

Finalmente, mediante el análisis realizado se pudo aplicar este proceso en la reconstrucción de un block comprobando que la soldadura en frío y costura mecánica es aplicable en la recuperación de componentes de hierro fundido gris.

EXECUTIVE SUMMARY

Author: Christian Andrés Morales Miranda

Tutor: Ing. Segundo Espín, Mg.

Nowadays the recovery by welding in cast iron components is very important, considering that these foundries are of common use in the industrial area. However, this objective is not easy to achieve because of the physical properties of this material. Its difficulty in welding can be due to several factors such as low plasticity due to its high carbon content, the formation of cementite, formation and growth of pores or other factors that affect or decrease the mechanical properties of the material.

In the following research work, the analysis of cold welding and mechanical sewing is shown by means of an experimental process carried out in the gray cast iron joints, applying different variables in the mechanical sewing process considering variables such as the diameter of bolts, distances between bolts and material of the bolts used in the mechanical sewing process for each of them.

The procedure of mechanical sewing and cold welding was evaluated by means of specimens which were subjected to traction, hardness and Charpy impact tests and metallographic analysis was also carried out on the base material in order to determine the mechanical properties, the tests were carried out in the laboratories of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato, later the results were tabulated and analyzed, obtaining as a conclusion that group E is the one that obtained a better behavior, this process being suitable for cold welding and mechanical sewing

Finally, through the analysis carried out, this process could be applied in the reconstruction of a block, checking that cold welding and mechanical sewing is applicable in the recovery of gray cast iron components.

Keywords: cast iron, cold welding, traction, hardness, impact.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA PARA FISURAS EN HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU APLICACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE UN BLOCK.

1.2 ANTECEDENTES

- En la tesis con tema “ESTUDIO DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SMAW EN EL HIERRO FUNDIDO GRIS Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”. Realizada en la Universidad Técnica de Ambato (UTA) por el Ing. Oscar Fabián Tene Salazar se resume lo siguiente:

En el presente trabajo de investigación, se muestra el estudio de la influencia de la temperatura de precalentamiento a través de un proceso experimental de soldadura realizado en las juntas de hierro fundido gris clase 30 clasificada en la norma ASTM A 48-03, aplicando diferentes temperaturas de precalentamiento de 21°C, 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C y otra de 370°C utilizando un método predictivo de temperatura de no agrietamiento basado en los componentes químicos del material y en la determinación del carbono equivalente.

En consecuencia se evaluaron las probetas soldadas con electrodos ENi-CI en un procedimiento de soldadura SMAW realizando ensayos de tracción, dureza, impacto Charpy y análisis metalográfico en la zona del material base, zona térmicamente afectada y el material fundido para poder determinar la variación en sus propiedades mecánicas influenciadas por la temperatura de precalentamiento, los ensayos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, posteriormente los resultados fueron tabulados y

analizados, obteniendo como conclusión que 370°C es la temperatura que mejores propiedades presentó sobre el metal base.

Finalmente, mediante la investigación y el proceso experimental se desarrolló un procedimiento de soldadura SMAW para hierro fundido gris clase 30.

- En la tesis de maestría con tema “ANALYSIS OF STRAINS IN CAST IRON JOINTS USING FE-SIMULATION AND DIGITAL IMAGE CORRELATION TECHNIQUES”. Realizada en Chalmers University of Technology por el Ing. Andreas Autio y el Ing. Kristoffer Odnegård se resume lo siguiente:

El método de bloqueo de metal es una técnica de unión mecánica más comúnmente empleada en fundiciones agrietadas de hierro, aluminio y acero. Se basa en la inserción de "llaves" hechas a medida, que están destinados a tomar tensiones de tracción y cortante, perpendicular a la grieta. El diseñador del motor diesel marino MAN Diesel & Turbo, utiliza el método de bloqueo de metal para el parche de grietas en grandes componentes de hierro fundido, tales como marcos de cilindros, en sus motores. La vida útil de estos componentes puede ampliarse significativamente, reduciendo tanto los costes de sustitución como el impacto medioambiental.

El propósito de esta tesis fue investigar el comportamiento mecánico del método de bloqueo de metal y estudiar las propiedades de los componentes incluidos en una junta metálica. Las propiedades del material se determinaron mediante la realización de pruebas exhaustivas de materiales y se estudió el comportamiento mecánico de una junta de bloqueo metálico mediante pruebas a escala completa utilizando una técnica de medición de deformación sin contacto conocida como correlación de imagen digital de especímenes de hierro fundido unidos por el método bloqueo de metal. Además, se realizaron simulaciones de elementos finitos, verificadas por resultados experimentales, con el fin de estudiar el comportamiento mecánico en detalle y llevar a cabo un estudio paramétrico de algunos de los componentes incluidos en la junta.

Los resultados de la prueba de materiales muestran que el material de las llaves está hecho de una aleación de hierro-níquel y tiene un coeficiente muy bajo o incluso negativo de expansión térmica a temperaturas ordinarias. Las diferencias entre las pruebas iniciales y las simulaciones indican que el procedimiento de instalación de la

junta introduce tensiones residuales que afectan al comportamiento de una junta sometida a carga mecánica. Los ensayos experimentales muestran que la distancia desde un borde a la primera llave, así como la distancia entre las llaves de una junta, son parámetros importantes que afectan a la capacidad de carga y a la ubicación del inicio de la grieta. Además, las simulaciones numéricas muestran que un aumento de la longitud de la llave produce menos impacto sobre el material de hierro colado circundante, si una junta se somete a carga de tracción.

- En la tesis con tema “METAL STICH RECONDITIONING ANALYSIS”. Realizada en la NOVIA University of Applied Sciences por el Ing. Niklas Eurs se resume lo siguiente:

Objetivo: reparar un bloque de un motor dañado es una tarea difícil, especialmente cuando el material es de hierro fundido. El hierro fundido es un material difícil de soldar y es muy frágil, pero tan barato y fácil de fabricar en comparación con otros metales, pero no es recomendable deshacerse de componentes metálicos de gran tamaño. Sin embargo, existen métodos para la reparación de componentes de hierro fundido, este estudio se ha llevado a cabo para investigar el bloque del motor Wärtsilä en dónde es seguro usar el método de reparación de metal por costura.

Con el fin de lograr los resultados deseados se reunió información acerca de los motores que ha sido objeto la reparación del bloque del motor. Para estos motores señalaron que las reparaciones del bloque de un motor se han llevado a cabo, sin embargo, horas después de la reparación, encontraron problemas que se produjeron durante el funcionamiento del motor.

Otra parte importante del estudio ha sido la prueba práctica del método de reparación. Las piezas de prueba de hierro fundido fueron fabricadas y ensambladas con el método de reparación y unión. Los ensayos de tracción se realizaron sobre piezas de prueba para ver cómo gran parte de la fuerza de hierro fundido que quedaba después de una reparación.

Resultados y Conclusiones: El estudio mostró que una quinta parte de la fuerza permanece después de la reparación. Este método es, sin embargo, muy útil en lugares en el bloque del motor que no está afectada directamente por la presión de encendido

de los cilindros u otras áreas altamente estresados. El método de reparación se basa en los materiales circundantes y por lo tanto no debe ser utilizado para la construcción o fabricación. Una de las ventajas de esta reparación es que se puede hacer directamente en el sitio con el desmontaje mínimo de componentes.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La recuperación por soldadura de piezas de hierro fundido es muy deseable, considerando que estas fundiciones son de uso común en la práctica industrial. Este objetivo, sin embargo, no es fácil de lograr. La facilidad de soldar hierros fundidos depende de sus propiedades físicas, y existe toda una gama de hierros fundidos. Su “insoldabilidad” se puede deber a factores como la baja plasticidad que tienen los hierros fundidos, la formación de cementita, la contaminación de las piezas por contacto prolongado con grasas o aceites quemados, formación y crecimiento de poros, entre otros. A diferencia de los aceros, los hierros fundidos poseen mayor contenido de carbono y en su estructura puede aparecer perlita, ferrita y grafito.

Existen varios métodos para soldar o reconstruir piezas del motor elaboradas en hierro fundido gris, como es el proceso SMAW o TIG, sin embargo al sobrecalentar el material base hacemos que este se vuelva más frágil obteniendo una menor resistencia a los esfuerzos realizados por el proceso de combustión, por lo que la duración de reparación por estos métodos es de un tiempo corto [1].

Es por ello que se propone realizar un nuevo método de reconstrucción o reparación para hierro fundido gris en piezas de motores, por medio de un proceso llamado soldadura en frío y costura mecánica realizando un estudio y análisis para verificar que la reconstrucción mediante este proceso no afecta a la microestructura del material y sus propiedades mecánicas se mantienen garantizando la reparación total de la pieza sin riesgo a que pueda volver a fallar. La reparación se garantizará por medio de análisis de este proceso.

El análisis de este proceso es factible ya que se cuenta con requerimientos necesarios para su ejecución, se cuenta con citas bibliográficas, y laboratorios con equipos que se

requiere para su desarrollo, también se cuenta con el personal calificado con conocimiento del tema y experiencia de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y los conocimientos adquiridos durante la Carrera de Ingeniería Mecánica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Analizar la soldadura en frío y costura mecánica para fisuras en hierro fundido gris y su aplicación en la reconstrucción de un block.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el tipo de hierro fundido gris con el cual se está trabajando por medio de su microestructura y composición química.
- Determinar propiedades mecánicas adquiridas mediante el proceso de soldadura en frío y costura mecánica determinado por medio de normas internacionales.
- Determinar el mejor comportamiento de las diferentes variables dadas para así establecer un proceso ideal el cual sea aplicado a la reconstrucción del block.
- Reparar el block del motor por medio del proceso de soldadura en frío y costura mecánica y comprobar la correcta reconstrucción por medio de END.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Perspectiva de la tecnología de la soldadura

La soldadura implica la fusión o unión localizada de dos piezas metálicas en sus superficies de empalme. Es necesario que estas superficies estén en contacto o muy cercanas para que se produzca la unión entre las piezas. Por lo general, la soldadura se realiza sobre piezas hechas del mismo metal, pero es posible usar algunas operaciones para unir metales diferentes.

2.1.2 Tipos de proceso de soldadura

Más de 50 tipos diferentes de operaciones de soldadura han sido catalogados por la American Welding Society en la que se utilizan diversos tipos o combinaciones de energía para proporcionar la energía requerida. Los procesos de soldadura pueden dividirse en dos grupos principales: 1) soldadura por fusión y 2) soldadura de estado sólido.

2.1.2.1 Soldadura por Fusión

Los diferentes tipos de procesos dados mediante la soldadura por fusión utilizan el calor para fundir el metal base, en algunas operaciones es necesario o se recomienda agregar un metal de aporte para facilitar el proceso, dar volumen y proporcionar resistencia a la junta soldada [2].

En esta categoría de soldadura por fusión se encuentran los procesos de más uso y aplicación en el campo industrial, los cuales se dividen en los siguientes grupos generales, tomando en cuenta la designación en inglés dada por la American Welding Society:

- **Soldadura con arco (AW).** La soldadura con arco consta de un grupo amplio de procesos en los cuales el calentamiento en los metales se produce mediante un arco eléctrico, es común que en la mayoría de estos procesos se utilice material de aporte y en algunos casos se aplique presión.
- **Soldadura por resistencia (RW).** En este tipo de procesos la soldadura se obtiene mediante la fusión, usando el calor producido por la resistencia eléctrica mediante el flujo de una corriente que pasa entre las superficies en contacto, sostenidas juntas bajo presión.
- **Soldadura con oxígeno y gas combustible (OFW).** La fundición del metal base en este proceso de soldadura se da mediante el origen de una flama creado por un gas de oxígeno combustible, tal como una mezcla de oxígeno y acetileno, en algunos casos se utiliza material de relleno.
- **Otros procesos de soldadura por fusión.** La soldadura con rayo láser y la soldadura con haz de electrones son procesos por los cuales se puede dar la fusión de los metales base, su complejidad hacen que estos procesos sean de poco uso.

2.1.2.2 Soldadura de estado sólido

En esta categoría, la soldadura de estado sólido se da mediante la coalescencia de las superficies de los metales en contacto los cuales se obtiene 1) únicamente por presión o 2) por aplicación de calor y presión. En el caso de usar calor y presión, el aumento de temperatura que se da en el proceso no es el suficiente para producir la fusión de las superficies en contacto. Por lo tanto, no se producirá la fusión del metal usando solamente calor el cual en este proceso se lo aplica de forma externa. En algunos casos la combinación de calor y presión o aplicación única de presión, genera la suficiente energía para producir una fusión localizada en las superficies de empalme. En esta categoría en ninguno de los procesos se añade metal de relleno [2].

Para la categoría en la soldadura de estado sólido se han dado algunas consideraciones para cualquiera de los procesos aplicables, los cuales se deben tomar en cuenta resumiéndolos a continuación.

❖ **Consideraciones generales en soldadura de estado sólido**

La categoría en soldadura de estado sólido posee procesos únicos de crear la unión en las superficies de empalme sin embargo la unión metalúrgica en los metales base produce muy poca o ninguna fusión entre ellos. A fin de unir metalúrgicamente dos metales similares o diferentes, se debe establecerse un contacto íntimo entre los dos metales para que sus fuerzas atómicas cohesivas se atraigan una a la otra. Algunos de los factores que pueden afectar el contacto íntimo entre las superficies puede ser la presencia de películas químicas, aceites, gases o similares. Para que la unión atómica se dé con éxito es necesario remover las películas antes mencionadas y demás sustancias que puedan afectar en el proceso de unión. En algunos casos antes de iniciar con el proceso de soldadura es necesario realizar una limpieza completa de las superficies, mientras que en otros casos para que exista la unión entre superficies la limpieza se realiza como parte integral del proceso. En resumen, para que la soldadura de estado sólido se realice con éxito es necesario que las superficies estén muy limpias y tener un contacto muy estrecho para permitir la unión atómica. Este proceso el cual no implica una fusión en los materiales tiene varias ventajas que se mencionan a continuación [2].

❖ **Ventajas en soldadura de estado sólido**

Si no ocurre fusión entre las piezas, entonces las propiedades originales del material se conservan ya que no existe una zona afectada térmicamente (ZAT) en la unión del metal. La mayoría de operaciones por fusión posee varios puntos o costuras en el material, caso contrario del proceso de soldadura de estado sólido que posee una interfaz de contacto entre las dos piezas. También, algunos de estos procesos son aplicables para unir metales distintos, sin tomar en cuenta las expansiones térmicas relativas, las conductividades y otros problemas que surgen normalmente durante la fundición y solidificación de distintos metales.

2.1.2.3 Procesos de soldadura de estado sólido

La categoría de soldadura de estado sólido incluye algunos de los procesos más modernos, así como también el proceso de unión más antiguo, todos los procesos que

se presentan a continuación tienen una forma única de crear la unión entre las superficies en contacto.

- **Soldadura por forjado.** Este proceso de unión ha tenido una gran importancia histórica en el desarrollo de la tecnología de manufactura, este proceso data de hace 1000 años a.C., cuando en la antigüedad los herreros aprendieron a unir dos piezas de metal mediante el uso del calor, elevando la temperatura del material a tal punto que forjaban el nuevo elemento por medio de un martillo u otro medio. Mediante las normas actuales el artesano requiere de una gran habilidad para obtener una buena soldadura. El proceso puede tener interés histórico; sin embargo, actualmente posee una mínima importancia comercial excepto por algunas de sus variables que se analizan a continuación.
- **Soldadura en frío (CW).** La **soldadura en frío (CW)**, por sus siglas en inglés) es un proceso de soldadura en estado sólido que se realiza aplicando alta presión entre superficies en contacto a temperatura ambiente. Las superficies de empalme deben estar excepcionalmente limpias para que funcione la CW, y por lo general esta limpieza se hace mediante un desengrasado y pulido de alambre exactamente antes de la unión. También, al menos uno de los metales que se van a soldar, y de preferencia ambos, deben ser muy dúctiles y libres de endurecimiento por trabajo. Los metales como el aluminio suave y el cobre pueden soldarse en frío con facilidad. Las fuerzas de compresión aplicadas en el proceso producen el trabajo en frío de las piezas metálicas y reducen el espesor hasta en 50%, pero también producen deformación plástica localizada en las superficies de contacto, produciendo coalescencia. Para piezas pequeñas, las fuerzas se aplican mediante herramientas sencillas operadas en forma manual. Para trabajo más pesado se requieren prensas poderosas para ejercer la fuerza necesaria. En la CW no se aplica calor de fuentes externas, pero el proceso de deformación eleva algo la temperatura del trabajo [2].
- **Soldadura con rodillos (ROW).** Este proceso es una variación de la soldadura por forjado, dependiendo si existe o no elevación de temperatura en el metal a unir. Esta soldadura abarca un proceso en el cual se aplica una presión suficiente para generar coalescencia mediante los rodillos, este puede ser con aumento o sin aumento de temperatura en el metal. Este proceso de soldadura puede generarse de dos formas diferentes la primera si no se proporciona calor, el proceso se denomina soldadura con

rodillos en frío, mientras que en el segundo si existe un aumento de temperatura el proceso se denomina soldadura con rodillos en caliente.

- **Soldadura con presión caliente (HPW).** Proceso que se manifiesta como otra variable de la soldadura por forjado, en el cual es necesario la aplicación de calor y presión para que ocurra la coalescencia entre las superficies en contacto produciendo una deformación considerable en el metal base. Para que se dé una buena unión entre las dos piezas es necesario que la película de óxido en la superficie se rompa. Las operaciones realizadas en este proceso normalmente se las realizan en una cámara de vacío o mediante la presencia de un medio protector, las aplicaciones de este método se dan en la industria aeroespacial.
- **Soldadura por difusión (DFW).** Este es otro proceso en el cual se requiere la aplicación de presión y calor, mediante una atmósfera controlada, durante un lapso de tiempo el cual permita la difusión y la coalescencia, la temperatura a la que se eleva el metal de unión está muy debajo del punto de fusión, así mismo la deformación producida en este proceso es mínima. El mecanismo primordial de coalescencia es la migración de átomos a través de la interfaz entre las superficies que hacen contacto. La industria aeroespacial y nuclear son los principales campos en los que se aplica este proceso que incluyen la unión de metales refractarios y de alta resistencia.
- **Soldadura explosiva (EXW).** El proceso de soldadura explosiva llamado también revestimiento por explosivo se da mediante la coalescencia rápida de dos superficies metálicas mediante la energía producida por la detonación de un explosivo. Generalmente este proceso se utiliza para unir dos metales diferentes particularmente para revestir un metal sobre un metal base en áreas grandes. La industria petrolera y las industrias químicas utilizan más comúnmente este proceso en el cual producen materias primas de láminas y placas resistentes a la corrosión los cuales son destinados a la fabricación de equipo de procesamiento industrial.
- **Soldadura por fricción (FRW).** Uno de los métodos utilizados a nivel comercial usado ampliamente en los procesos de producción automatizada. Este proceso de soldadura en estado sólido se obtiene mediante el calor generado por la fricción y la aplicación de presión, el proceso se basa en la generación de calor por la fricción la cual es generada por un frotamiento mecánico entre las superficies en contacto generalmente una pieza se mantiene estática mientras que la otra rota hasta llegar a la temperatura en la que los dos materiales pueden fusionarse [2].

- **Soldadura ultrasónica (USW).** Es un proceso en estado sólido en el cual se integran dos componentes bajo fuerzas de sujeción modestas y se aplican intensas presiones oscilatorias de frecuencia ultrasónica a la interfaz para producir la coalescencia. Para que la unión sea fuerte y tenga un contacto íntimo entre los materiales es necesario un movimiento oscilatorio el cual deshace las películas de superficie produciendo una correcta unión metalúrgica. Las temperaturas a las que se elevan los metales en este proceso se encuentran por debajo del punto de fusión por lo que el contacto por fricción interfacial y deformación plástica no afectan las propiedades del material, en este proceso no es necesario añadir metales de relleno, fundentes, ni gases protectores [2].

2.1.3 Calidad de la soldadura

El propósito de cualquier proceso de soldadura es llegar a la coalescencia o unión de dos o más componentes volviéndolos uno solo, por lo tanto, las propiedades físicas del elemento dependerán de la calidad de la soldadura. Para analizar la calidad de la soldadura debemos enfocarnos primordialmente en la soldadura con arco, ya que es el proceso más utilizado y para el cual el aspecto de la calidad es el más importante y complejo.

2.1.4 Soldabilidad

La soldabilidad se define como la capacidad de un metal o combinación de metales para soldarse o unirse en un solo elemento de forma que la unión soldada posea las propiedades metalúrgicas requeridas y este cumpla satisfactoriamente con su objetivo. Si un proceso de soldadura se realiza de forma fácil y se puede determinar que posee una buena resistencia, ductilidad, tenacidad y hay ausencia de defectos de soldadura, se puede decir que existe una buena soldabilidad [3].

Se ha determinado 4 factores que pueden afectar la soldabilidad y son los siguientes: 1) el proceso de soldadura, 2) las propiedades del metal base, 3) el metal de relleno y 4) las condiciones superficiales. Las propiedades de los metales determinan la soldabilidad que existe en cada uno de ellos, ya que en algunos procesos se podrá soldar con facilidad, mientras que con otros el soldar se hará más difícil. Como un gran ejemplo tenemos el acero inoxidable que mediante los procesos de AW se puede soldar con facilidad, mientras que con los procesos de soldadura con oxígeno y gas

combustible se considera ya un problema o una dificultad su soldadura. Hay propiedades del metal base que se deben tomar en cuenta ya que estas pueden afectar el rendimiento de la soldadura y las cuales son el punto de fusión, la conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica.

La operación de soldadura puede afectarse también por las condiciones superficiales del metal base ya que si existe humedad esta puede provocar porosidades en la zona de fusión. Así mismo existen impedimentos para la fusión de los materiales como por ejemplo los óxidos y otras películas sólidas en las superficies metálicas [3].

2.1.5 Costura Mecánica

La costura mecánica es una técnica mecánica de reparación de grietas que utiliza una combinación de series de enclavamiento de los tornillos. Estos tornillos son instalados a través de la línea de unión a intervalos a lo largo de la longitud de la grieta. Esta técnica produce juntas herméticas que impide el paso de gas y líquido en el que se restaura el metal a su resistencia original sin necesidad de soldar por fusión la junta. La técnica de costura mecánica ofrece una serie de ventajas que incluyen amortiguar y absorber tensiones de compresión, esparcir tensiones y disipar la carga lejos de la grieta, mantener la alineación original de las superficies reparadas, reparaciones de campo con un mínimo desmontaje de equipo, rentable y de gran reconocimiento. Este proceso se usa comúnmente en hierro fundido, pero también se ha aplicado con éxito a otros metales mecanizables tales como fundición dúctil, acero, aluminio y fundiciones de bronce. La técnica en su campo también es conocida como, "bloqueo de metales, metalurgia, soldadura en frío, soldadura de puntadas y parches de grietas".

Después de la detección de fisuras, la fisura se repara procesalmente. El proceso básico comienza con el posicionamiento, el reajuste y la sujeción firme de las superficies agrietadas, utilizando accesorios especiales y abrazaderas. A continuación, los agujeros se perforan a través de la línea de fractura hasta la profundidad de la herramienta de la pieza fundida usando plantillas especiales. Se realiza el tallado interno por medio del machuelo en cada uno de los agujeros, luego se procede a instalar los tornillos de forma superpuesta en las aberturas y se fijan en una condición apretada, en el que llegue a ser integral con el metal base, lo que resulta en una junta que tiene resistencia a la presión y rigidez de fundición original. Cada tornillo en el proceso de

costura tiene una ranura de ruptura por encima de su hombro que permite que la cabeza se retuerza cuando alcanza el par adecuado. Después de esto, utilizamos los cinceles neumáticos para realizar la soldadura en frío de los tornillos superpuestos y las amoladoras se pueden utilizar para alisar la superficie reparada. La aplicación de la técnica se extiende desde las plantas y maquinaria, los motores de los buques, las cajas de cambios marítimas, a las prensas eléctricas y las refinerías petroquímicas [3].

2.1.6 Sujetadores roscados

Estos sujetadores roscados son componentes separados que poseen roscas internas o externas según la necesidad del ensamble que se desee realizar entre piezas, en la mayoría se permite el desensamble, los tipos más comunes de sujetadores roscados son tornillos, pernos y tuercas.

2.1.6.1 Tornillos, pernos y tuercas

Estos tres tipos de sujetadores poseen rosca externa. En el presente proyecto de investigación se usarán tornillos para el proceso de costura mecánica por lo que daremos más importancia a este componente. Los tornillos son sujetadores con rosca externa que, normalmente se ensambla en un orificio roscado. Existe otro tipo de tornillo llamado autorroscante y tiene una forma tal que permite tallar o cortar la rosca correspondiente en el orificio. En la figura 1 podemos ver un ensamble típico con el tornillo [4].

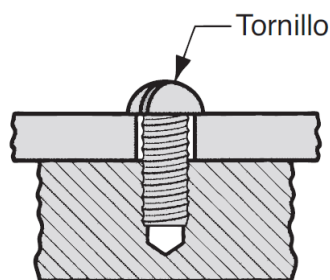


FIGURA 1. Ensamble típico usado en tornillo [4].

Los tornillos poseen diversas formas, tamaños y roscas, todas cumpliendo una norma establecida como la ISO la cual proporciona una selección de los tamaños de sujetadores roscados en unidades métricas y las norma ANSI la cual lo proporciona en unidades de uso común en Estados Unidos, la especificación métrica consta del

diámetro mayor nominal, seguido el paso según este sea rosca gruesa o fina. La norma (EU) muestra el tamaño nominal seguido de su diámetro principal y por último el paso tanto en rosca fina como en gruesa, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Normas de tamaño de sujetadores roscados ISO y ANSI [4].

Norma ISO (métrica)			Norma ANSI (EU)			
Diámetro nominal, mm	Rosca gruesa, mm	Rosca fina, mm	Tamaño nominal	Diámetro principal, in	Roscas/in, gruesa (UNC) ^a	Roscas/in, fina (UNF) ^a
2	0.4		2	0.086	56	64
3	0.5		4	0.112	40	48
4	0.7		6	0.138	32	40
5	0.8		8	0.164	32	36
6	1.0		10	0.190	24	32
8	1.25		12	0.216	24	28
10	1.5	1.25	1/4	0.250	20	28
12	1.75	1.25	3/8	0.375	16	24
16	2.0	1.5	1/2	0.500	13	20
20	2.5	1.5	5/8	0.625	11	18
24	3.0	2.0	3/4	0.750	10	16
30	3.5	2.0	1	1.000	8	12

Existen varios tipos de sujetadores por lo que es necesario tener la herramienta adecuada para realizar un correcto ensamble, estos diferentes tipos de sujetadores pueden variar por ejemplo en el estilo de cabezas de tornillos, el tamaño disponible del sujetador por lo que se requiere la herramienta adecuada, que en nuestro caso es un desarmador ya que no se puede hacer girar un tornillo con una llave de cabeza hexagonal por lo que los tornillos de uso más común se muestran en la siguiente figura 2.

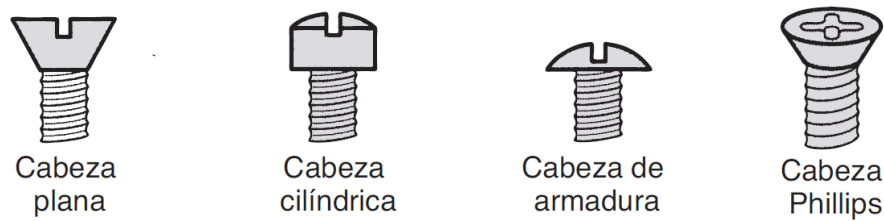


FIGURA 2. Tipos de cabezas disponibles en tornillos [4].

Los tornillos se fabrican en una mayor variedad y configuración que los pernos, ya que las funciones de los tornillos son mucho más variadas, los diferentes tipos de tornillos pueden ser de cabeza cuadrada, autorroscantes, prisioneros y para máquina. Los tornillos de cabeza cuadrada están hechos con materiales de alta resistencia y tolerancia más estrecha que los tornillos para máquina. Los tornillos autorroscantes están diseñados de tal forma que pueden tallar o cortar la rosca en un orificio. Un

tornillo prisionero se diseña para funciones de ensamble como engranes, collarines de sujeción y poleas para flechas. Los tornillos para máquina son los más usados comúnmente ya que son del tipo general diseñados para ensamble de huecos roscados.

La mayoría de tornillos se producen mediante formado en frío mientras que otros son maquinados, pero este último es un proceso más costoso por la elaboración de la rosca. Los materiales más utilizados para la fabricación de los tornillos incluyen el acero al medio y bajo carbono, así como algunas de sus aleaciones ya que este material tiene un bajo costo, por lo general los tornillos se recubren o chapean en su superficie con recubrimientos de óxido negro, cromo o níquel para que tengan una mayor resistencia a la corrosión. Si las capas de recubrimiento son un problema para en cuanto a la resistencia al óxido, existen otros materiales que incluyen aceros inoxidable, aleaciones de aluminio, aleaciones de níquel y plásticos [4].

2.1.6.2 Esfuerzos y resistencias en las uniones

El esfuerzo por tensión y de corte pueden ser las más comunes que actúen sobre una unión atornillada. Una vez apretado el tornillo, este se carga bajo tensión y la pieza se carga en compresión, estas fuerzas pueden actuar en direcciones opuestas, por lo que se crea un esfuerzo de corte transversal al tornillo, fuerzas las cuales pueden provocar que las roscas se barran.

La resistencia de un tornillo se especifica mediante dos medidas, la primera es la resistencia a la tensión y la segunda es la resistencia de prueba. La resistencia de prueba es igual a la resistencia permitida o tensión máxima que permite en nuestro caso un tornillo sin que este tenga una deformación permanente.

Si existe un apriete en exceso, las fallas en un tornillo pueden ser las siguientes: 1) barrido de las roscas, el cual ocurre cuando la longitud de unión es muy corta o menor al 60% del diámetro nominal del tornillo y 2) ruptura del tornillo, la cual es uno de los problemas más comunes, al momento de llegar al 85% de su resistencia de tensión por generar esfuerzos de tensión y torsión excesivos en su área de sección transversal durante el apretado [5].

El esfuerzo de tensión al que está sujeto un tornillo se calcula como la carga de tensión aplicada a la unión, dividida entre el área aplicable:

$$\sigma = \frac{F}{A_S} \quad \text{Ec. 2.1}$$

En donde σ = esfuerzo MPa (lb/in²); F = carga N (lb); y A_S = área de esfuerzo en tensión mm²(in²). Para calcular el área de esfuerzo de tensión debemos tomar en cuenta el área de sección transversal de la sección roscada, en el caso de estar trabajando con el sistema métrico ISO, la fórmula es la siguiente:

$$A_S = \frac{\pi}{4} (D - 0.9382p)^2 \quad \text{Ec. 2.2}$$

En donde D = tamaño nominal del tornillo (mm); y p = paso de la rosca (mm).

En caso de estar trabajando en norma estadounidense ANSI, la fórmula es la siguiente:

$$A_S = \frac{\pi}{4} \left(D - \frac{0.9743}{n} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.3}$$

En donde n = número de roscas por pulgada.

2.1.7 Procesos de maquinado

2.1.7.1 Taladrado

Este proceso es uno de los fundamentales al hablar de costura mecánica, ya que el taladrado se utiliza normalmente para el ensamble con sujetadores o para propósitos de diseño como ventilación, reducción en el peso, apariencia o acceso al interior pero en nuestro caso, la generación de orificios en la pieza de trabajo será utilizado para posteriormente realizar el tallado interno por medio del proceso de machuelado para la inserción de tornillos. Los orificios serán generados con brocas de dos filos (broca helicoidal) ya que el corte de esta herramienta es más eficiente y las fuerzas de corte están equilibradas [6].

2.1.7.2 Machuelado

La generación del tallado o roscado interno en una pieza de trabajo, se la puede realizar mediante el proceso de machuelado, la herramienta que produce el desprendimiento del material se llama machuelo. Existen varios tipos de machuelos con canales dobles, triples o cuádruples, sin embargo, el más común el más común es el machuelo de espiral con canal doble, que fuerza las virutas hacia el interior del orificio, por lo que el machuelo será extraído solamente al finalizar el corte.

El machuelado se puede efectuar de manera manual o por medio de máquinas como tornos, roscadoras automáticas o fresadoras. Para el proceso manual es recomendable utilizar un machuelo cónico ya que este está diseñado para reducir el torque requerido para el machuelado de orificios pasados [7].

2.1.8 Pegado adhesivo

El pegado adhesivo es un proceso de anexión superficial, en el que se usa material de relleno para que exista unión entre dos o más piezas que tienen un espacio muy pequeño entre ellas, el adhesivo o material de relleno de mayor interés en la ingeniería que une a las piezas son los adhesivos estructurales, este por lo general es un polímero el cual es capaz de formar uniones fuertes, permanentes y rígidas entre las piezas adheridas. En la mayoría de los casos el curado o proceso de solidificación del adhesivo se da mediante calor, un catalizador o mediante la aplicación de presión activando el proceso de unión.

La resistencia de la unión en el pegado adhesivo está determinada por la resistencia de sujeción entre el adhesivo y cada una de las piezas adherentes, también será determinada por la resistencia que posee el adhesivo mismo. La resistencia en la unión depende del proceso o mecanismo por el cual se vaya a realizar el pegado ya que se puede realizar de forma química, mediante interacciones físicas y entrelazado mecánico. Existen varias condiciones para que la unión entre las piezas se dé con un buen resultado y son las siguientes: 1) las superficies de las piezas deben estar totalmente limpias libres de cualquier lámina de aceite, grasa, óxido o suciedad ya que

estas pueden afectar el contacto íntimo entre adhesivo y adherente; 2) el adhesivo en lo posible debe cubrir la totalidad de las superficies que se van a unir; 3) es bueno que las superficies estén lisas para su unión, sin embargo para obtener un mejor resultado se requiere una superficie ligeramente áspera ya que así el área de contacto incrementa y promueve a que se dé un entrelazado mecánico atrapando el adhesivo entre las asperezas superficiales microscópicas [6].

2.1.8.1 Diseño de uniones

Por lo general, las uniones con adhesivos no son tan fuertes como las de soldaduras por fusión sin embargo se pueden tomar consideraciones de diseño en las uniones para que estas exploten su resistencia particular de pegado evitando así sus limitaciones. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta los siguientes principios como se muestra en la figura 3 para maximizar la resistencia en las uniones: 1) El pegado adhesivo posee una mayor resistencia cuando se aplican fuerzas de corte y tensión por lo que se recomienda que el diseño sea para que se apliquen estos esfuerzos. 2) Es necesario que se maximice el área real de contacto entre las piezas de unión para cubrir totalmente con adhesivo su superficie.

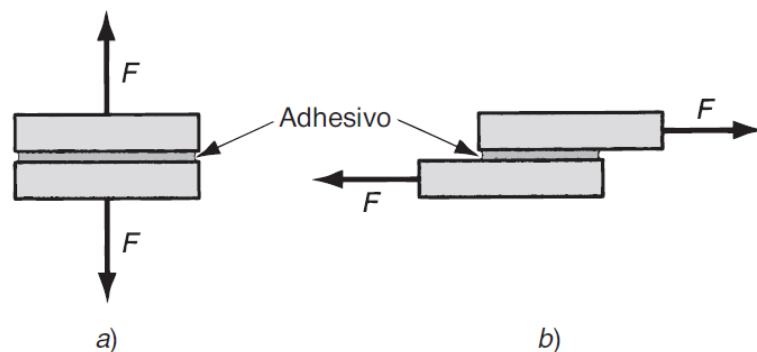


FIGURA 3. Tipos de esfuerzos que deben considerarse en la unión adhesiva: a) de tensión, b) de corte [6].

La combinación del pegado adhesivo con otros métodos incrementa la resistencia y proporcionan un sellado entre las piezas, por ejemplo, la combinación del pegado adhesivo con soldadura de puntos se denomina adhesivo soldado (figura 5). Existen varios diseños de uniones típicos para el proceso de pegado adhesivo que se muestran en la figura 4, es necesario seleccionar una correcta configuración mecánica de ensamble para que las propiedades químicas y físicas de los adhesivos y adherentes sean compatibles bajo estas condiciones de diseño.

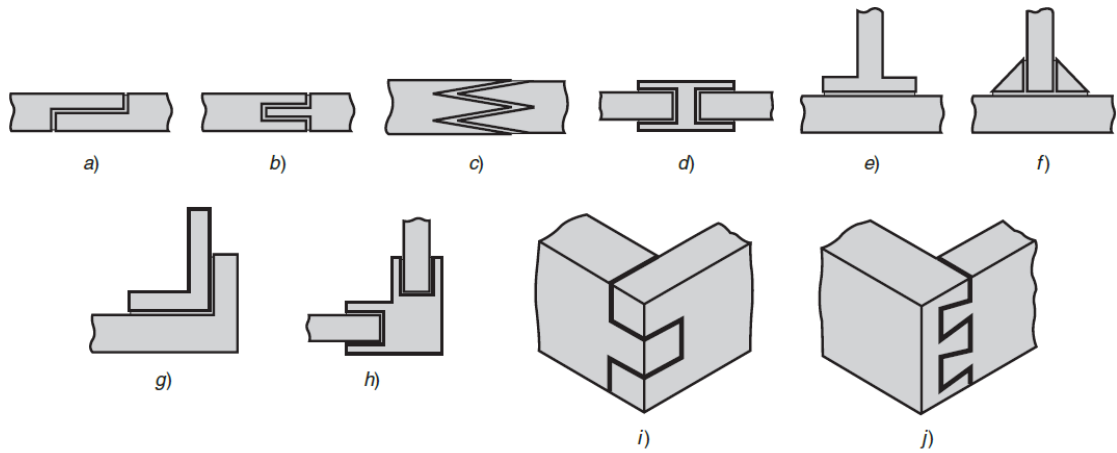


FIGURA 4. Tipos de diseños de uniones adhesivas: de la a) a la d), uniones empalmadas; e) y f), uniones en T; de la g) a la j) uniones en esquina [6].

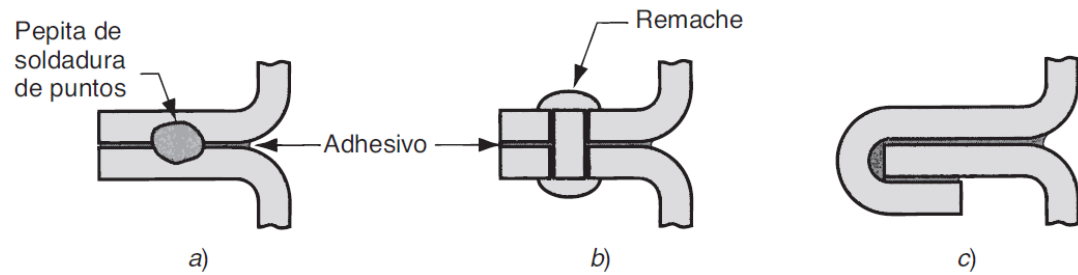


FIGURA 5. Pegado adhesivo combinado con otros métodos: a) soldadura de puntos y pegado adhesivo (adhesivo soldado); b) atornillado y pegado adhesivo y c) formado y pegado adhesivo [6].

2.1.8.2 Tecnología de aplicación de los adhesivos

En el campo industrial se ha comenzado a elevar el uso del pegado adhesivo gracias a las extensas aplicaciones que esta tiene, industrias como la automotriz, aeronáuticas y productos de construcción y embalaje como industrias eléctricas y de construcción de embarcaciones han sido uno de los usuarios principales de este método. La tabla 2 muestra algunas aplicaciones específicas para las que se usan adhesivos sintéticos, considerando varios aspectos relacionados con la tecnología de los adhesivos.

Tabla 2. Adhesivos sintéticos importantes [9].

Adhesivo	Descripción y aplicaciones
Anaeróbico	Basado en acrílico, termofijo, de componente único. Se cura mediante un mecanismo de radicales libres a temperatura ambiente. Aplicaciones: sellador, ensamble estructural.
Acrílicos modificados	Termofijo, de dos componentes, que consiste en una resina basada en acrílico y un iniciador/endurecedor. Se cura a temperatura ambiente después de la mezcla. Aplicaciones: fibra de vidrio en embarcaciones, láminas de metal en autos y aeronaves.
Cianoacrilato	Basado en acrílico, termofijo, de componente único que se cura a temperatura ambiente en superficies alcalinas. Aplicaciones: caucho para plástico, componentes electrónicos en tarjetas de circuitos, empaques de plástico y metálicos para cosméticos.
Epóxico	Incluye una variedad de adhesivos de uso extenso formulados a partir de resinas epóxicas, agentes de curado, y rellenos/modificadores que se endurecen después de la mezcla. Algunos se curan cuando se calientan. Aplicaciones: unión de aluminio y paneles alveolados para aeronaves, refuerzos de láminas metálicas para automóviles, laminado de vigas de madera, sellos en electrónica.
Fundido al calor	Termoplástico de componente único que endurece a partir de un estado de fusión cuando se enfría a partir de temperaturas elevadas. Se formula a partir de polímeros termoplásticos que incluyen: el acetato de vinilileno, el polietileno, el copolímero de bloque de estireno, el caucho butílico, la poliamida, el poliuretano y el poliéster. Aplicaciones: empaques (por ejemplo, envases, rótulos), muebles, calzado, encuadernación de libros, instalación de alfombras y ensambles en artículos eléctricos y automóviles.
Cintas y películas sensibles a la presión	Por lo general son sensibles a la presión de un componente en forma sólida que posee alta viscosidad, lo cual produce una unión cuando se aplica presión. Se forman a partir de diversos polímeros de alto peso molecular. Pueden tener el

	adhesivo en uno o ambos lados. Aplicaciones: paneles solares, ensamblajes electrónicos, plásticos para madera y metales.
Silicón	Líquido termofijo, de uno o dos componentes, basado en polímeros de silicio. Se cura a temperatura ambiente para caucho sólido. Aplicaciones: sellos en autos (por ejemplo, en parabrisas), sellos y aislamiento en electrónica, empaques, unión de plásticos.
Uretano	Termofijo, de uno o dos componentes, basado en polímeros de uretano. Aplicaciones: unión de fibra de vidrio y plásticos.

Para que la unión adhesiva tenga éxito, es necesario que todas las superficies de contacto se encuentren extremadamente limpias ya que la resistencia de la unión depende del grado de adhesión entre el adhesivo y los adherentes. Los métodos de limpieza pueden variar de acuerdo al material que se esté tratando por lo que es necesaria una preparación de las superficies. Para metales normalmente se utiliza el frotado con solventes y para el desgaste de la superficie se utiliza el método de chorro de arena (sandblasting) u otros métodos para mejorar la adherencia [9].

2.1.9 Hierro fundido gris

Los hierros fundidos son aleaciones de hierro, carbono y silicio en las que está presente más carbono que el que se puede retener en solución sólida en austenita a la temperatura eutéctica. Existen varios tipos de hierros fundidos sin embargo el más importante es el gris. En el hierro fundido gris, el carbono que excede la solubilidad en la austenita, y este se presenta como grafito en escamas. Los hierros grises suelen contener de 2,5 a 4% de C, 1 a 3% de Si y adiciones de manganeso, dependiendo de la microestructura deseada (tan baja como 0,1% de Mn en hierros ferríticos gris y hasta 1,2% en perlíticos). El azufre y el fósforo también están presentes en pequeñas cantidades como impurezas residuales.

2.1.9.1 Tipos de hierro fundido gris

Una clasificación simple y conveniente de los hierros grises se encuentra en ASTM especificación A 48, que clasifica los diversos tipos en términos de resistencia a la

tracción, expresada en ksi. La clasificación ASTM no significa en absoluto una escala de superioridad ascendente de la clase 20 (resistencia mínima a la tracción de 140 MPa o 20 ksi) a la clase 60 (resistencia mínima a la tracción de 410 MPa o 60 ksi). En muchas aplicaciones la fuerza no es el criterio principal para la elección del grado. Por ejemplo, para piezas tales como placas de embrague y tambores de freno, donde la resistencia a la comprobación de calor es importante, las calidades de hierro de baja resistencia son las que tienen un rendimiento superior. De manera similar, en aplicaciones de choque térmico tales como lingotes o “pig molds”, un hierro de clase 60 fallaría rápidamente, mientras que el buen rendimiento se muestra por hierro de clase 25. En máquinas herramientas y otras partes sujetas a vibraciones, la mejor capacidad de amortiguación de hierros de baja resistencia es a menudo ventajosa.

Generalmente, con el aumento de la resistencia a la tracción de la clase 20 a la clase 60 se puede suponer que las siguientes propiedades de los hierros fundidos grises aumentan:

- Todas las fuerzas, incluyendo la resistencia a temperatura elevada
- Capacidad para ser mecanizado hasta un acabado fino
- Módulo de elasticidad
- Resistencia al desgaste

Por otro lado, las propiedades siguientes disminuyen con el aumento de la resistencia a la tracción, de modo que los hierros de baja resistencia a menudo tienen mejores resultados que los hierros de alta resistencia cuando estas propiedades son importantes:

- Maquinabilidad
- Resistencia al choque térmico
- Capacidad de amortiguación
- Capacidad para ser fundido en secciones delgadas

En la tabla 3 podemos encontrar la clasificación ASTM especificación A 48, en la que clasifica los diversos tipos en términos de resistencia a la tracción, expresada en Mpa.

Tabla 3. Propiedades mecánicas típicas de prueba estándar de hierro gris [7].

ASTM A 48 class	Tensile strength		Torsional shear strength		Compressive strength		Reversed bending fatigue limit		Transverse load on test bar B		Hardness , HB
	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	kg	lb	
20	152	22	179	26	572	83	69	10	839	1850	156
25	179	26	220	32	669	97	79	11.5	987	2175	174
30	214	31	276	40	752	109	97	14	1145	2525	210
35	252	36.5	334	48.5	855	124	110	16	1293	2850	212
40	293	42.5	393	57	965	140	128	18.5	1440	3175	235
50	362	52.5	503	73	1130	164	148	21.5	1630	3600	262
60	431	62.5	610	88.5	1293	187.5	169	24.5	1678	3700	302

2.1.9.2 Microestructura

La microestructura usual de hierro gris es una matriz de perlita con escamas de grafito dispersas por todas partes. El tipo de proceso en la fundición puede variarse de manera que la nucleación y el crecimiento de los copos de grafito se produzcan en un patrón que realce las propiedades deseadas. La cantidad, el tamaño y la distribución del grafito son importantes. Un enfriamiento demasiado rápido puede producir el llamado hierro enfriado, en el que el exceso de carbono se encuentra en forma de carburos masivos. El enfriamiento a velocidades intermedias puede producir hierro moteado, en el que el carbono está presente en forma de cementita primaria (carburo de hierro) y grafito. El enfriamiento muy lento de los hierros que contienen grandes porcentajes de silicio y carbono es probable que produzca considerable ferrita y perlita a lo largo de la matriz, junto con escamas de grafito grueso.

El grafito en escamas es uno de los siete tipos (formas o formas) de grafito establecidos en ASTM A 247. El grafito en escamas se subdivide en cinco tipos (patrones), designados por las letras A a E que se pueden observar en la figura 6. El tamaño de grafito se establece en comparación con un gráfico de tamaño ASTM, que muestra las apariciones típicas de copos de ocho tamaños diferentes con un aumento de 100X [7].

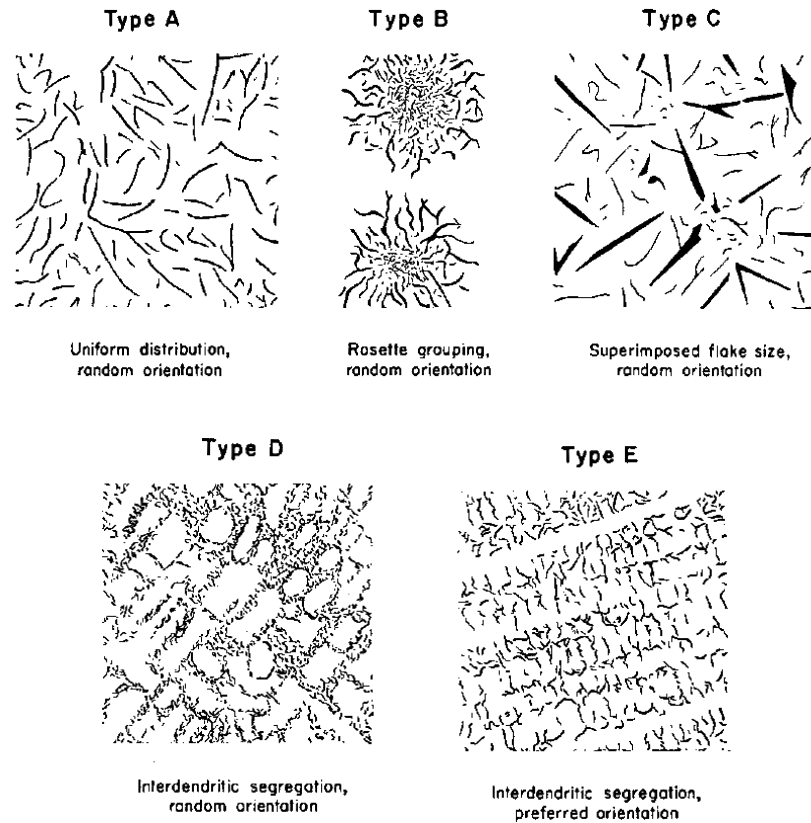


FIGURA 6. Tipos de copos de grafito en hierro gris (AFS-ASTM). En la práctica recomendada (ASTM A 247) [7].

Se prefiere el grafito de tipo A (orientación aleatoria) para la mayoría de las aplicaciones. En los tamaños de copos intermedios, el grafito en forma de copa tipo A es superior a otros tipos en ciertas aplicaciones de desgaste tales como los cilindros de motores de combustión interna. El grafito tipo B (patrón de roseta) es típico de un enfriamiento bastante rápido, como es común con secciones moderadamente delgadas (alrededor de 10 mm o 3 = 8 pulgadas). Las grandes escamas de grafito en forma de tipo C son típicas del grafito “kish” que se forma en hierros hipereutéticos. Estos grandes copos aumentan la resistencia al choque térmico aumentando la conductividad térmica y disminuyendo el módulo de elasticidad. Las pequeñas escamas interdendríticas orientadas aleatoriamente en grafito en escamas de tipo D promueven un acabado fino mecanizado al minimizar las picaduras superficiales, pero es difícil obtener una matriz perlítica con este tipo de grafito. El grafito en escamas de tipo E es una forma interdendrítica, que tiene una orientación preferida en lugar de una orientación aleatoria. A diferencia del grafito tipo D, el grafito tipo E puede asociarse con una matriz perlítica y por lo tanto puede producir una colada cuyas propiedades de desgaste son tan buenas como las de una colada que contiene sólo grafito tipo A en

una matriz perlítica. Existen, por supuesto, muchas aplicaciones en las que el tipo de escamas no tiene importancia, siempre y cuando se cumplan los requisitos de propiedades mecánicas.

Mediante un correcto tratamiento térmico podemos controlar hasta cierto punto las propiedades de la pieza fundida. El hierro fundido gris posee una ductilidad muy baja; es un material relativamente frágil. Los productos hechos de hierro fundido gris incluyen bloques y cárteres de motores automotrices, carcasas de motor y bases para máquinas herramientas [8].

2.1.10 Ensayos no destructivos (END)

Los ensayos no destructivos (END) comprende muchos términos utilizados para describir diversas actividades dentro del campo. Algunos de estos términos son ensayos no destructivos (END), inspección no destructiva (NDI, nondestructive inspection) y examen no destructivo (que se ha denominado EQM). Estas actividades incluyen la prueba, la inspección y el examen, que son similares en que involucran principalmente mirar o medir algo sobre un objeto para determinar alguna característica del objeto o determinar si el objeto contiene irregularidades, discontinuidades o fallas.

Los términos irregularidad, discontinuidad y defecto se pueden usar indistintamente para significar algo que es cuestionable en la parte o el ensamblaje, pero las especificaciones, los códigos y el uso local pueden dar lugar a definiciones diferentes para estos términos. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se utilizan para encontrar, localizar, dimensionar o determinar una discontinuidad sobre un objeto y permitir al investigador decidir si el objeto o los defectos son aceptables. Una discontinuidad que se ha evaluado como rechazable se denomina generalmente un defecto.

La detección de defectos suele considerarse el aspecto más importante en los ensayos no destructivos. Existen muchos enfoques concebibles para seleccionar métodos de END. Un enfoque consiste en considerar que sólo hay seis factores primarios involucrados en la selección de un método, que son los siguientes:

- La (s) razón (es) por la realización del END
- El tipo (s) de fallas de interés en el objeto
- El tamaño y la orientación de la falla que es rechazable
- La localización anticipada de los defectos de interés en el objeto
- El tamaño y la forma del objeto
- Las características del material a evaluar

Considerando estos seis factores para la aplicación de ensayos no destructivos se ha visto la necesidad de usar el método de detección de fugas hidrostáticas (hydrostatic leak testing) y tintas penetrantes (PT).

2.1.10.1 Detección de fugas hidrostáticas

Prueba de fugas es una de las ramas de ensayos no destructivos que se refiere al escape o entrada de líquidos o gases presurizados en los componentes o sistemas evacuados destinados a contener estos líquidos.

Las pruebas de fugas incluyen procedimientos para uno o una combinación de los siguientes:

- Localización (detección y localización) de fugas
- Determinación de la tasa de fugas de una fuga o de un sistema
- Vigilancia de fugas

La prueba de fugas hidrostática requiere que un componente se llene completamente con un líquido, tal como agua. La sensibilidad normal para la inspección visual usando agua desionizada como el fluido de ensayo es de $10^{-2} atm \text{ cm}^3/s$. Por lo tanto, sólo se pueden revelar grandes discontinuidades con este método.

La sensibilidad del ensayo puede mejorarse mediante la adición de:

- Un revelador de agua aplicado al exterior que cambia de color cuando entra en contacto con por una pequeña fuga. Este método ha sustituido al antiguo método de lavado con cal, que requería una mayor cantidad de filtración de agua para ser visible

- Un concentrado que disminuye la tensión superficial del agua y proporciona un trazador visible o fluorescente.

Cuando se realiza correctamente, la prueba hidrostática puede lograr la misma sensibilidad que una prueba de fugas de líquido penetrante en especímenes de gran volumen [9].

2.1.10.2 Líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es un método no destructivo de revelar discontinuidades que están abiertas a las superficies de materiales sólidos y esencialmente no porosos. Se pueden encontrar indicaciones de un amplio espectro de tamaños de fallas independientemente de la configuración de la pieza de trabajo e independientemente de las orientaciones de defecto. Los penetrantes líquidos penetran en varios tipos de minúsculas aberturas superficiales por acción capilar. Debido a esto, el proceso se adapta bien a la detección de todos los tipos de grietas superficiales, porosidad, áreas de contracción, laminaciones y discontinuidades similares. Se utiliza ampliamente para la inspección de productos forjados y fundidos de metales ferrosos y no ferrosos, piezas de metalurgia de polvos, cerámica, plásticos y objetos de vidrio.

En la práctica, el proceso de tintas penetrantes es relativamente sencillo de utilizar y controlar. El equipo utilizado en la inspección de tintas penetrantes puede variar desde una disposición de tanques simples que contienen penetrante, emulsionante y revelador hasta sofisticados sistemas de procesamiento e inspección automatizados controlados por ordenador. Establecer procedimientos y normas para la inspección de partes o productos específicos es fundamental para obtener resultados óptimos [10].

La inspección del líquido penetrante también se utiliza para inspeccionar artículos hechos de aceros ferromagnéticos; Generalmente, su sensibilidad es mayor que la de la inspección de partículas magnéticas. La principal limitación de la inspección del líquido penetrante es que sólo puede detectar imperfecciones que están abiertas a la superficie; Se debe utilizar otro método para detectar fallas subsuperficiales. Otro factor que puede limitar el uso de líquidos penetrantes es la rugosidad superficial o porosidad. Tales superficies producen un fondo excesivo e interfieren con la inspección.

La descripción general del método por tintas penetrantes se lo puede observar en la figura 7 y se lo describe de la siguiente manera:

- Limpieza inicial y secado: Es necesario limpiar correctamente la zona de análisis con el objetivo de dejar las posibles discontinuidades, libres de materiales extraños y suciedad para su posterior secado.
- Aplicación de líquido penetrante y tiempo de penetración: Consiste en cubrir la superficie de análisis con el líquido penetrante y dejar transcurrir el tiempo necesario para permitir que se introduzca por capilaridad en las discontinuidades.
- Limpieza intermedia: Se removerá el exceso de tinta de la superficie, evitando remover el líquido que se encuentra dentro de las fallas. Este proceso se lo puede hacer de tres formas dependiendo el caso 1) lavado con agua, 2) por medio de un emulsionante y posterior lavado con agua, o 3) mediante solventes.
- Secado: De ser necesario se secará la pieza del agente limpiador.
- Aplicación del revelador: Una vez limpiado y secado se puede aplicar el revelador en forma seca o pulverizada en una suspensión acuosa o alcohólica, la cual al secarse deja una fina capa de polvo,
- Inspección y evaluación: La fina capa de polvo absorberá la tinta llevándolo hasta la superficie ubicando así la discontinuidad haciéndola visible, ya sea por contraste o por fluorescencia.
- Limpieza final: Normalmente los agentes químicos utilizados no son corrosivos sin embargo se eliminarán sus restos para prevenir posteriores ataques.

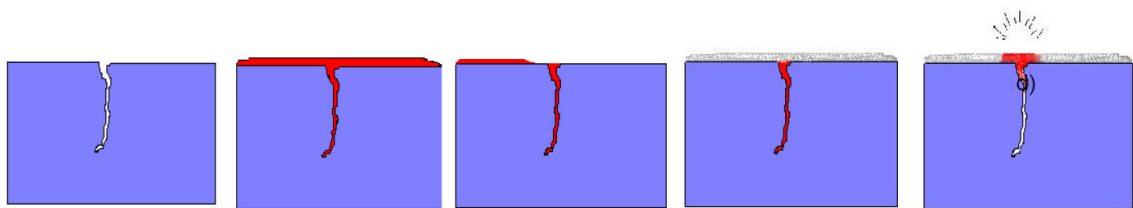


FIGURA 7. Proceso de tintas penetrantes [10].

2.1.10.3 Líquidos penetrantes coloreados

El líquido penetrante coloreado, es un método de prueba no destructivo para detectar discontinuidades que están abiertas a la superficie, como grietas, juntas, laminaciones, porosidad aislada, a través de fugas o falta de fusión, y es aplicable a exámenes en proceso, finales y de mantenimiento.

Se puede usar de manera efectiva en ensayos de materiales metálicos no porosos, tanto ferrosos como no ferrosos, y de materiales no metálicos como cerámica vidriada o totalmente densificada y ciertos plásticos y vidrio no poroso.

Un penetrante líquido coloreado se aplica uniformemente sobre la superficie que se está analizando y se le permite entrar en discontinuidades abiertas. Después de un tiempo de permanencia adecuado, el exceso de penetrante de superficie se elimina mediante frotamiento secando la superficie. Si se va a emplear un revelador acuoso, el revelador se aplica antes de la etapa de secado. Luego se aplica un revelador, extrayendo el penetrante atrapado en la discontinuidad, pintando el revelador. La superficie de prueba se examina visualmente para determinar la presencia o ausencia de indicaciones.

Los parámetros de procesamiento, como prelimpieza, tiempo de penetración, etc., están determinados por los materiales específicos utilizados, la naturaleza de la pieza bajo examen (es decir, tamaño, forma, condición de la superficie, aleación) y el tipo de discontinuidades esperadas.

Los métodos de análisis con líquidos penetrantes coloreados indican la presencia, ubicación y, hasta cierto punto, la naturaleza y magnitud de las discontinuidades detectadas. Este método de prueba está destinado principalmente para la portabilidad y para áreas de examen localizadas, utilizando un equipo mínimo. La rugosidad de la superficie puede ser un factor limitante. De ser así, se debe considerar un proceso alternativo, como el penetrante visible al agua o el penetrante post-emulsionado, cuando no es práctico realizar la molienda o el maquinado [10].

2.2 HIPÓTESIS

Por medio del análisis de soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris se determinará un proceso adecuado para la reconstrucción de un block.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable Independiente

Configuración de pernos que se utilizará en el proceso de costura mecánica

2.3.2. Variable Dependiente

Propiedades mecánicas obtenidas en el proceso de soldadura en frío

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Exploratorio

La soldadura en frío y costura mecánica, es un tema de investigación en el que se indagó de manera profunda lo referente a estos dos procesos ya que pueden existir diferentes variaciones en sus procedimientos con el fin de encontrar un proceso en el que muestre sus mejores características.

3.1.2. Descriptivo

Se utilizó un método descriptivo mostrando el procedimiento realizado y el comportamiento de cada una de las variables, por lo que se muestra las ventajas y desventajas al ser sometidos a diversas pruebas en las que se determinaron las propiedades mecánicas de cada una de nuestras probetas.

3.1.3. Bibliográfico

Para esta investigación se utilizó fuentes bibliográficas como libros, tesis, papers, normas, investigaciones previas, manuales entre otras, para determinar un proceso adecuado en el que se obtenga resultados deseados.

3.1.4. Experimental

Este trabajo de investigación optó con una modalidad experimental, ya que se realizó diferentes ensayos y los resultados obtenidos de cada ensayo, nos permitió obtener un estándar experimental para su futura aplicación en la industria.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Para el proceso de costura mecánica se utilizó una variación de pernos en el enclavamiento y se tomó en cuenta: 1) la distancia 1 a tope y 2 sistema traslapado, 2) el diámetro de los pernos A (5/32') y B (1/4') y 3) el material de los pernos que fueron de acero ASTM A307 y acero inoxidable AISI 304, con estas variables se obtuvieron 8 combinaciones de probetas que fueron sometidas a ensayos normalizados de tracción, dureza e impacto.

3.2.2 Muestra

Para cada una de las variables establecidas en esta investigación se realizaron 5 probetas para ensayo de tracción, para ensayos de dureza e impacto fue necesario una probeta por cada combinación. Todas las probetas se trabajaron bajo sus normas correspondientes, en el caso de la elaboración de probetas para tracción se utilizó (ASTM E8, Métodos estándar para las pruebas de tensión), para ensayos de dureza (ASTM E18, Métodos estándar para ensayos de dureza) y para probetas de impacto (ASTM A327, Pruebas de impacto para hierro fundido).

3.2.3 Tamaño de las probetas

3.2.3.1 Probetas a tracción

El ensayo a tracción se realizó bajo la norma ASTM E8, y su dimensionamiento fue establecido por la norma AWS B4.0 (Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldaduras) detallado en la figura 9.

Ya que no hay un método normalizado para este tipo de proceso de soldadura en frío y costura mecánica se usó como referencia la norma AWS D11.2 (Guía para soldadura de hierros fundidos) para determinar una medida guía de las dimensiones de la probeta, ya que se trabajó con tornillos de 1/4' y 5/32' para el proceso de costura mecánica, se determinó que la junta más parecida y recomendada por la norma AWS D11.2 es simple en V para metales de espesores delgados de hasta 1/2' como se observa en la figura 8.

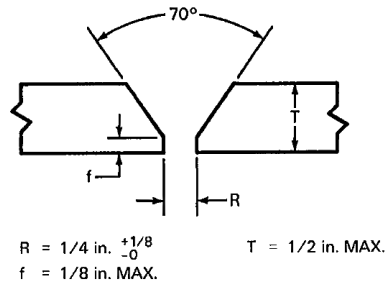


FIGURA 8. Suggested completed joint penetration single grooves [11].

Una vez establecido el espesor que puede llegar a tener nuestro metal base podemos seguir con la norma AWS B4.0 para determinar las medidas de nuestra probeta.

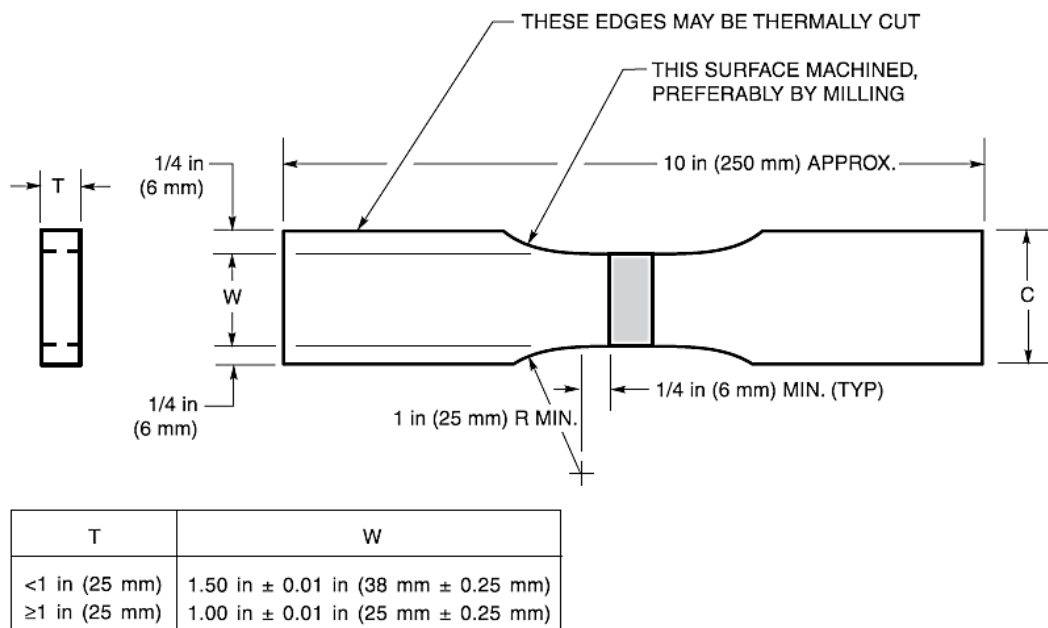


FIGURA 9. Probeta para ensayo de tracción [12].

En la norma AWS D 11.2 se determinó que el espesor no será mayor a 1/2', por lo que el valor mediante la norma AWS B4.0 para W es igual a 1.5'. Obteniendo así las siguientes dimensiones.

$$T = 8mm$$

$$W = 38mm$$

$$C = 50mm$$

$$R = 25mm$$

Las pruebas de tensión con probetas rectangulares. - El cálculo de la resistencia a la tracción para probetas rectangulares es la siguiente.

La resistencia última a la tracción está dada por:

$$\frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área Original}} = \frac{P_{\text{máxima}}}{W \times T} \quad \text{EC. 3.4}$$

Donde:

P (máxima) = carga máxima,

W = anchura original,

T = espesor original.

3.2.3.2 Probetas de impacto

Para evaluar la tenacidad, es decir, la capacidad de un material para resistir el impacto de un golpe se realiza un ensayo denominado ensayo de impacto, el cual consiste en dejar caer un péndulo desde una altura h_0 , describe su arco y golpea una probeta o barra de prueba y la rompe elevándose hasta una altura h_f . Este ensayo se lleva a cabo en máquinas denominadas péndulos o martillos pendulares.

Las dimensiones de la probeta para este ensayo serán dadas por la norma AWS B4.0 como lo muestra en la figura 10.

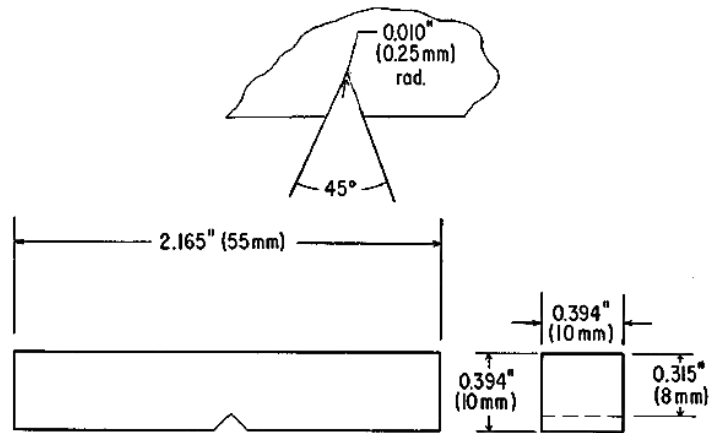


FIGURA 10. Probeta para ensayo de impacto [13].

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

La variable independiente es la configuración del perno que se utilizó en el proceso de costura mecánica.

Tabla 4. Variable independiente

Contextualización	Categoría	Indicadores		Índice		Técnicas e Instrumentación
				Acero ASTM A307	Acero Inoxidable	
La costura mecánica es uno de los procesos más importantes dentro de nuestra investigación, ya que tiene mucha influencia en las propiedades mecánicas que tendrá la junta.	Proceso de costura mecánica	Diámetro del perno	a	5/32'	5/32'	Observación directa Fichas técnicas Bibliográfica
			b	1/4'	1/4'	
		Distancia entre pernos	1	Tope	Tope	
			2	Solapado	Solapado	

Fuente: El autor

3.3.2 Variable Dependiente

La variable dependiente son las propiedades mecánicas de la soldadura en frío.

Tabla 5. Variable dependiente

Contextualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e Instrumentación	
Comportamiento mecánico de la soldadura al aplicar fuerzas o cargas que son evaluadas mediante ensayos específicos bajo normas y especificaciones.	Metalográfico	Estructura metalográfica	Tipo de fundición.	Observación directa Fichas técnicas Bibliográfica	
			Forma, tamaño y distribución de grafito.		
	Tracción	Resistencia a la tracción	¿Cuál será la resistencia a tracción?		
			Deformación de ingeniería		¿Cuál será la deformación ingenieril?
			Elongación		¿Cuál será su elongación?
	Dureza	Rockwell	¿Cuál será su dureza Rockwell?		
		Brinell	¿Cuál será su dureza Brinell?		
	Impacto	Impacto	Energía de Impacto		
			Resistencia de Impacto		

Fuente: El autor

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información sobre soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris que pueda influir en esta investigación es sumamente escasa, por lo que se presenta un plan de recolección de información en el que involucra técnicas de observación directa ya que se muestra información detallada acerca de los ensayos mecánicos a los que son sometidas las probetas en cada una de sus diferentes variables, así mismo como análisis metalográfico para determinar el tipo exacto de hierro fundido gris con el que

estamos trabajando, estas probetas fueron analizadas en el laboratorio con el empleo de diversos medios e instrumentos los cuales nos proporcionan información correcta y eficiente. Además, se cuenta con recolección de información técnica bibliográfica de libros, tesis, papers, normas, investigaciones previas, manuales entre otras fuentes de investigación para determinar un proceso adecuado en el que se obtenga resultados deseados en el análisis de soldadura en frío y costura mecánica.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 Procesamiento de la Información

Toda la información técnica de observación directa y bibliográfica fue procesada de la siguiente manera:

- Revisión y análisis crítico de la información técnica bibliográfica relacionada con el tema de investigación.
- Elección de la información técnica más importante.
- Determinación del proceso de soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris por medio de la información técnica recolectada.
- Elaboración de probetas de hierro fundido gris aplicando las diferentes variables establecidas en la investigación.
- Ejecución de ensayos mecánicos en el laboratorio para determinar las propiedades adquiridas en la aplicación del proceso.
- Revisión y elección crítica de la información más importante y puntual obtenida en los ensayos.
- Tabulación con los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos de dureza tracción e impacto.
- Aplicación de información para determinar el proceso adecuado de soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris por medio del trabajo experimental.
- Análisis e interpretación de resultados.

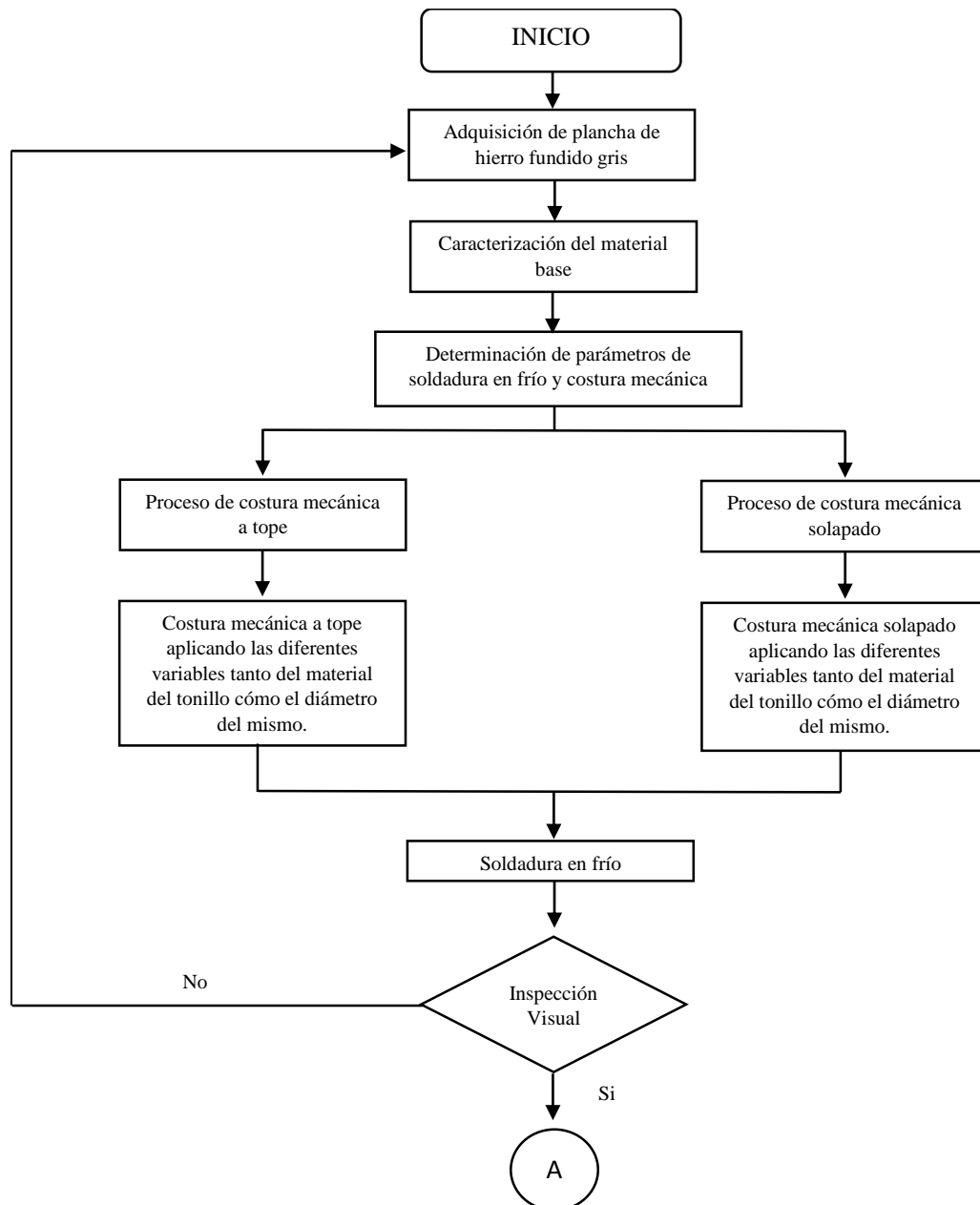
3.5.2 Análisis de la Información

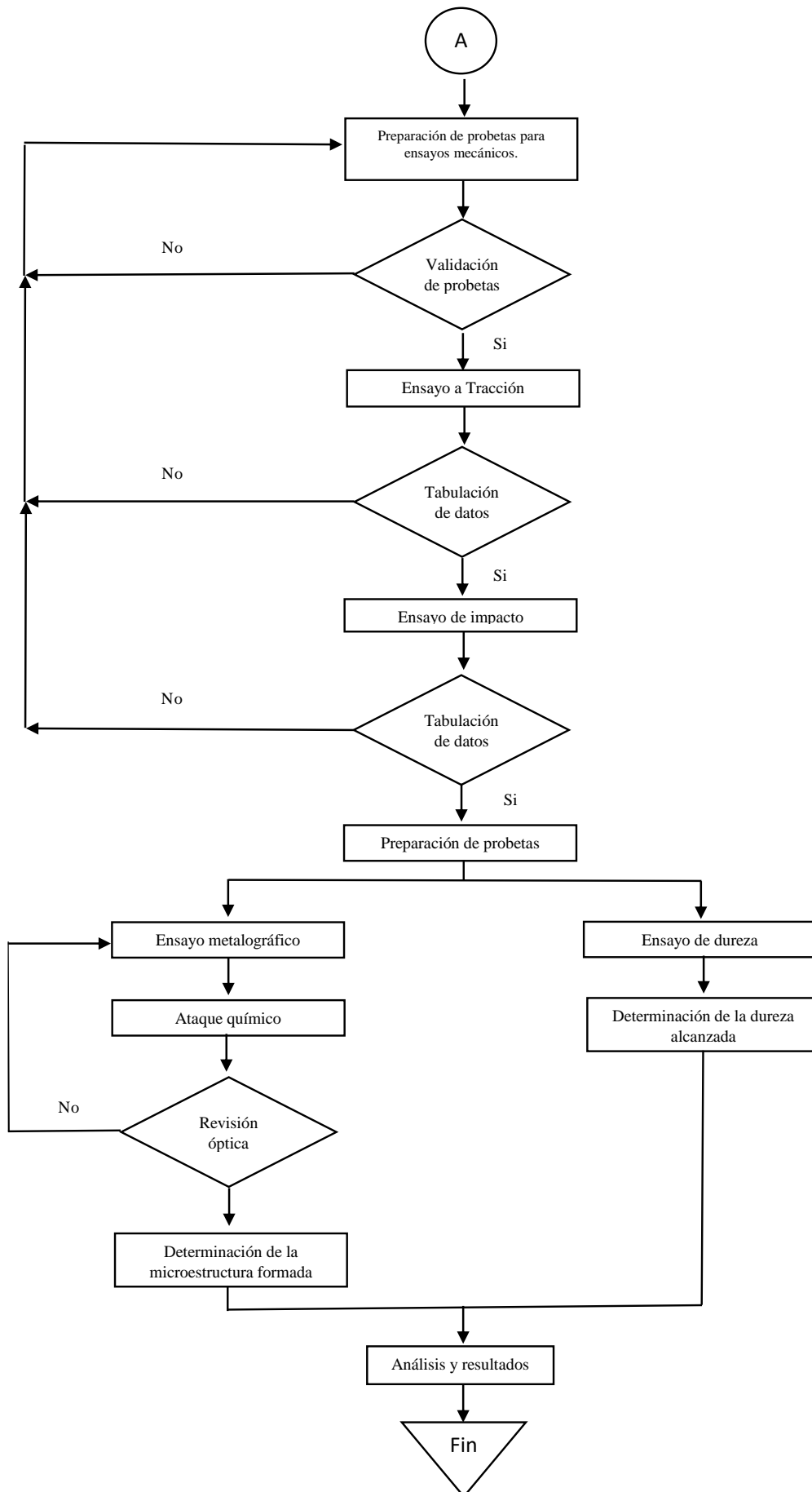
Una vez obtenidos los datos necesarios en la investigación se procedió a realizar el análisis de la información en los diferentes tipos de ensayos como el de tracción, dureza e impacto, determinando las propiedades mecánicas con las que se estableció el proceso adecuado en la soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris el cual nos brinde sus mejores propiedades. Así mismo se dió un análisis estadístico comparativo en el que se demostró cual es el material óptimo para trabajar en el proceso de soldadura en frío.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El siguiente diagrama de flujo, muestra el proceso que se desarrolló en esta investigación para la recolección de datos en los diferentes tipos de ensayos realizados.





4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

En la tabla 6, se detalla los ensayos que se realizó en esta investigación, la designación de las probetas y el número de probetas ensayadas para el respectivo ensayo, teniendo como material base el hierro fundido gris aplicando el proceso de soldadura en frío y costura mecánica con sus respectivas variables que se muestran en la tabla 11.

Tabla 6. Ensayos y designación de probetas

N°	Ensayo	Designación
1	Ensayo Metalográfico	EM
2	Ensayo Químico	EQ
3	Ensayo a Tracción	ET
4	Ensayo de Dureza	ED
5	Ensayo de Impacto	EI

Fuente: El autor

Tabla 7. Metalografía de las probetas

Probetas ensayadas por metalografía			
N°	Tipo	Variable	Designación
1	Material base	No aplica	EM.MB
2	Soldadura en frío y costura mecánica	A	EM.A
3	Soldadura en frío y costura mecánica	B	EM.B
4	Soldadura en frío y costura mecánica	C	EM.C
5	Soldadura en frío y costura mecánica	D	EM.D
6	Soldadura en frío y costura mecánica	E	EM.E
7	Soldadura en frío y costura mecánica	F	EM.F
8	Soldadura en frío y costura mecánica	G	EM.G
9	Soldadura en frío y costura mecánica	H	EM.H

Fuente: El autor

Tabla 8. Probetas ensayadas a tracción

Probetas ensayadas por tracción			
N°	Tipo	Variable	Designación
1	Material base	No aplica	ET.MB
2	Soldadura en frío y costura mecánica	A	ET.A
3	Soldadura en frío y costura mecánica	B	ET.B
4	Soldadura en frío y costura mecánica	C	ET.C
5	Soldadura en frío y costura mecánica	D	ET.D
6	Soldadura en frío y costura mecánica	E	ET.E
7	Soldadura en frío y costura mecánica	F	ET.F
8	Soldadura en frío y costura mecánica	G	ET.G
9	Soldadura en frío y costura mecánica	H	ET.H

Fuente: El autor

Tabla 9. Probetas ensayadas a impacto

Probetas ensayadas a impacto			
N°	Tipo	Variable	Designación
1	Material base	No aplica	EI.MB
2	Soldadura en frío y costura mecánica	A	EI.A
3	Soldadura en frío y costura mecánica	B	EI.B
4	Soldadura en frío y costura mecánica	C	EI.C
5	Soldadura en frío y costura mecánica	D	EI.D
6	Soldadura en frío y costura mecánica	E	EI.E
7	Soldadura en frío y costura mecánica	F	EI.F
8	Soldadura en frío y costura mecánica	G	EI.G
9	Soldadura en frío y costura mecánica	H	EI.H

Fuente: El autor

Tabla 10. Dureza de probetas

Probetas ensayadas por dureza			
N°	Tipo	Variable	Designación
1	Material base	No aplica	ED.MB
2	Soldadura en frío y costura mecánica	A	ED.A
3	Soldadura en frío y costura mecánica	B	ED.B
4	Soldadura en frío y costura mecánica	C	ED.C
5	Soldadura en frío y costura mecánica	D	ED.D
6	Soldadura en frío y costura mecánica	E	ED.E
7	Soldadura en frío y costura mecánica	F	ED.F
8	Soldadura en frío y costura mecánica	G	ED.G
9	Soldadura en frío y costura mecánica	H	ED.H


Fuente: El autor

Tabla 11. Caracterización de Variables




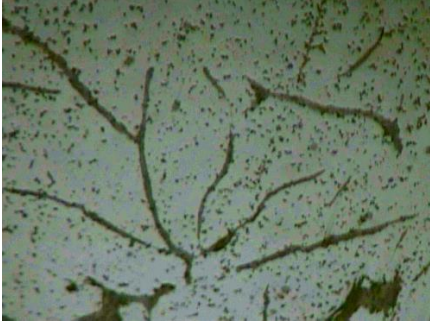
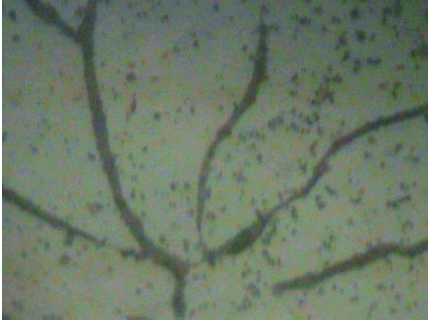
Caracterización de las variables			
Variable	Material del tornillo	Diámetro	Distancia
A	Acero ASTM A307	5/32'	Tope = d
B		1/4'	Solapado = 0.75*d
C		5/32'	Tope = d
D		1/4'	Solapado = 0.75*d
E	Acero Inoxidable AISI 304	5/32'	Tope = d
F		1/4'	Solapado = 0.75*d
G		5/32'	Tope = d
H		1/4'	Solapado = 0.75*d

Fuente: El autor

4.1.1 Ficha de reporte de hierro fundido gris adquirido en fábrica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				F.R.D. №001	
Autorizado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Temperatura:	Ambiente 21°C	Flujo de aire:	Estático		
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL BASE					
DATOS TÉCNICOS				FOTOGRAFÍA	
Especificación del material:	Hierro fundido gris	Tipo o grado:	Desconocido:		
Resistencia a la tracción:	Desconocido	Dureza:	Desconocido		
Característica:	Superficie rugosa	Resistencia al impacto:	Desconocido		
Estructura:	Desconocido	Tratamiento térmico:	Ninguno		
Espesor:	0.14 cm	Longitud:	60.5 cm	Ancho:	40.2 cm
OBSERVACIONES:					
<p>El material base es adquirido en la empresa Siderúrgica Tungurahua.</p> <p>En esta investigación se realizó el análisis en ensayos metalográficos, químicos, de tracción, dureza e impacto dando una caracterización del material base, demostrando sus características químicas, metalográficas y sus propiedades mecánicas.</p>					

4.1.2 Fichas de ensayo metalográfico del material base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALGRÁFICO				EM.MB.1	
DATOS INFORMATIVOS					
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Material base:	Hierro fundido gris	Grado:	Desconocido		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	ASTM E 3		
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico				
Superficie óptima:	90 min	Temperatura de pulido:	21°C		
Ataque químico superficial:	Nital 2%				
Tiempo de ataque:	3 seg	Instrumento de observación:	Microscopio		
FOTOGRAFÍAS :					
					
Hierro fundido gris a 100X, Nital 2%, 3 seg.					
					
					
Hierro fundido gris a 200X, Nital 2%, 3 seg Hierro fundido gris a 400X, Nital 2%, 3 seg					
OBSERVACIONES:					



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



FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO

EM.MB.2

DATOS INFORMATIVOS

Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Material base:	Hierro fundido gris	Grado:	Desconocido

PARÁMETROS DEL ENSAYO

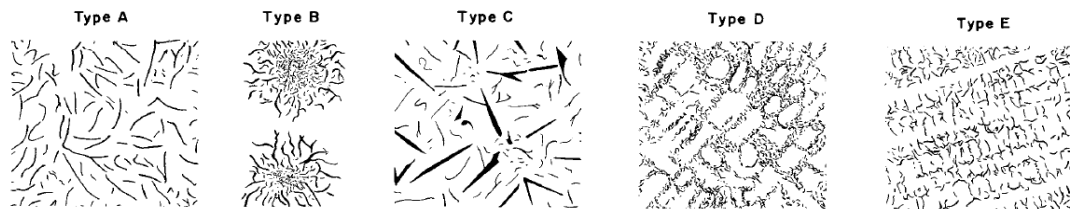
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	ASTM E 3
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico		
Superficie óptima:	90 min	Temperatura de pulido:	21°C
Ataque químico superficial:	Nital 2%		
Tiempo de ataque:	3 seg	Instrumento de observación:	Microscopio

FOTOGRAFÍAS :

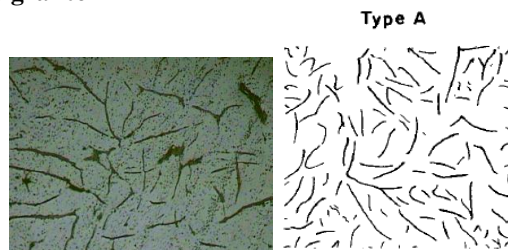


Hierro fundido gris a 100X, Nital 2%, 3 seg.

• **Análisis**



• **Distribución de grafito**

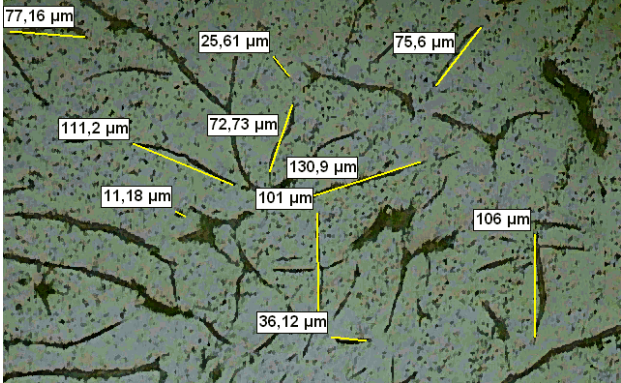


OBSERVACIONES:

Mediante este análisis se determina que por medio del Metals Handbook el grafito en escamas es de tipo A (orientación aleatoria) es el preferido para la mayoría de las aplicaciones. En los tamaños de copos intermedios, el grafito en escamas tipo A es superior a otros tipos en ciertas aplicaciones de desgaste como los cilindros de los motores de combustión interna.

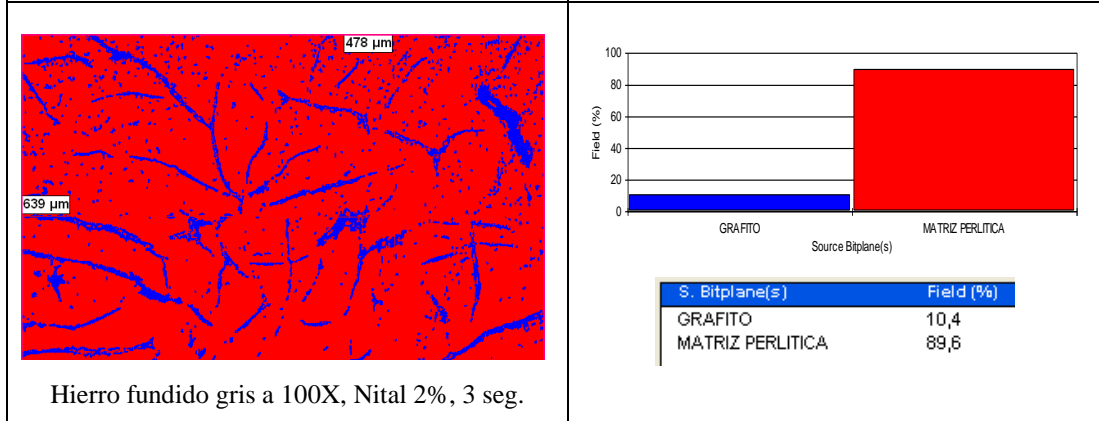


ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA **EM.MB.3**

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE GRAFITO		MICROESTRUCTURA
RESULTADOS DEL SOFTWARE		
Estadística	Medida de grafito	 <p align="center">Hierro fundido gris a 100X, Nital 2%, 3 seg.</p>
Mínimo	11.18 μm	
Máximo	130.2 μm	
Promedio	74.75 μm	
Según norma ASTM A247		
Fundición gris tipo	VII	
Forma de grafito	Laminar	
Distribución de grafito	A	
Tamaño de grafito	4-3	
Matriz	Ferrito - Perlítica	

Componentes: Grafito laminar en matriz perlítica




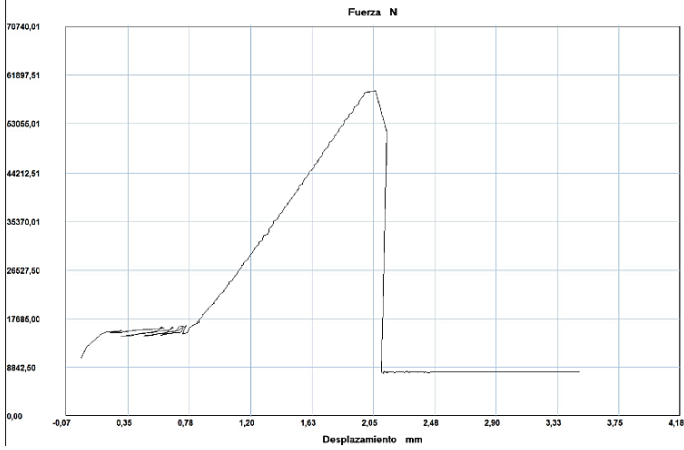
Componentes microestructurales: Porcentajes



OBSERVACIONES:

Mediante el software especializado se analiza un 10.4% de grafito laminar en un 89.6% de matriz ferritoperlítico basado en la norma ASTM A247 para la evaluación del grafito siendo esta una fundición gris tipo VII en el que representa una forma de grafito laminar con orientación aleatoria con distribución de grafito tipo A y tamaño de grafito es N°4

4.1.3 Fichas de ensayo de tracción del material base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN			ET.MB.1		
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M		
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado				
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm		
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min		
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	42%		
RESULTADOS:					
Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
58920.01	16200.00	193.91	53.29	4.13	3.97
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					
GRÁFICAS					
					
OBSERVACIONES:					



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.MB.2

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	2
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	42%

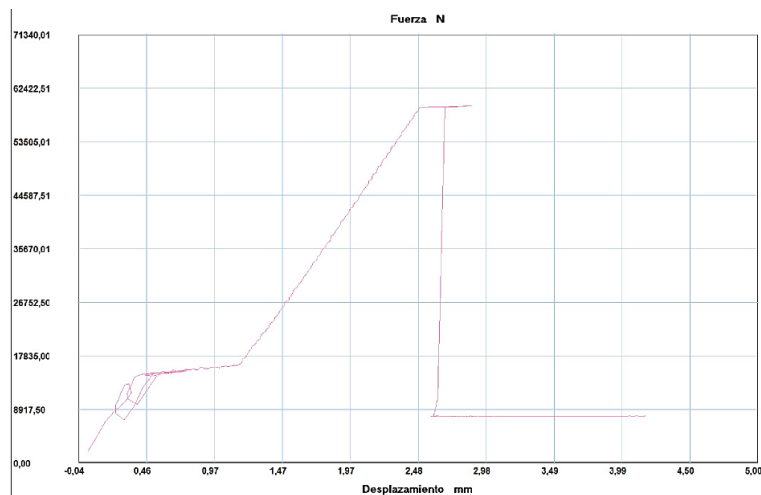
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
5925.01	15550.00	194.90	51.15	5.35	5.08

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.MB.3

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	3
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	42%

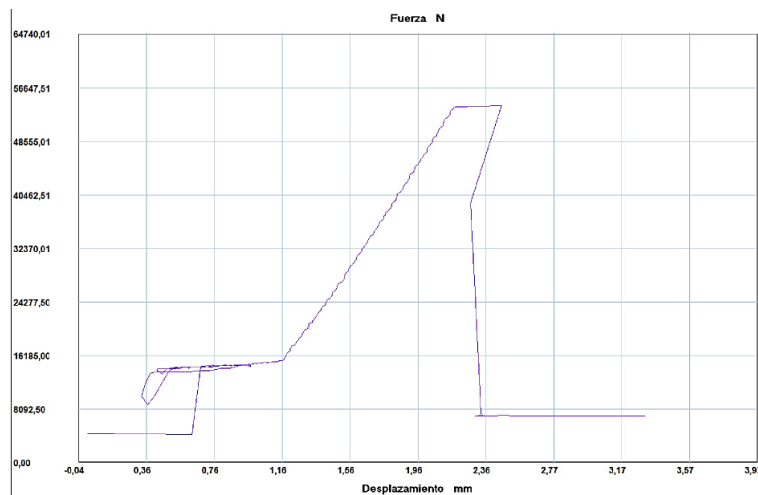
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
53950.01	14800.00	173.25	47.53	4.91	4.68

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.MB.4

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	4
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	42%

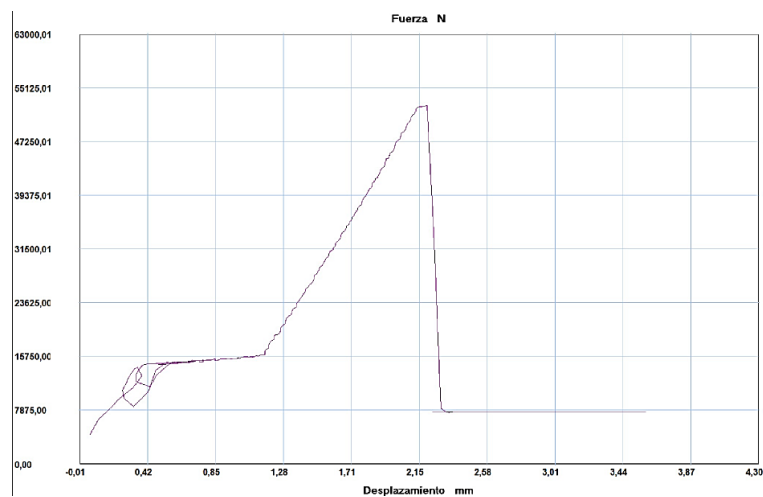
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
52500.01	14950.00	170.70	48.61	4.39	4.21

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.MB.5

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	5
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	42%

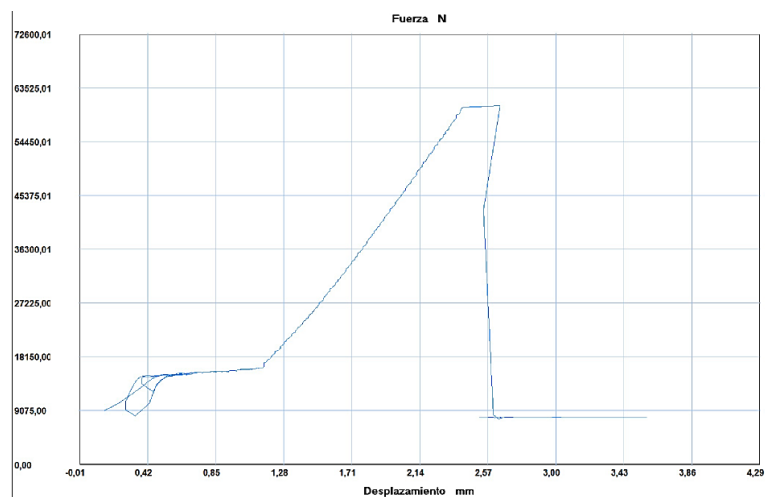
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
60500.01	15400.00	200.50	51.04	5.29	5.03

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO






GRÁFICAS




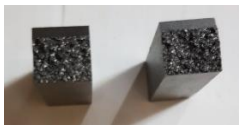
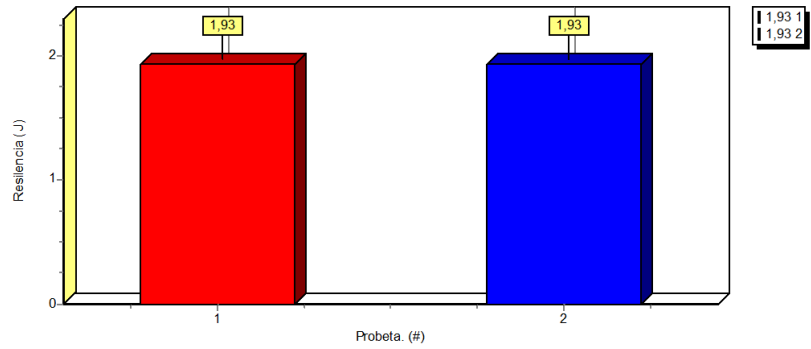


OBSERVACIONES:

4.1.4 Fichas de ensayo de dureza del material base

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																			
																																							
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA				ED.MB.1																																			
DATOS INFORMATIVOS																																							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1																																				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales																																				
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017																																				
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C																																				
PARÁMETROS DEL ENSAYO																																							
Método:	Rockwell	Tipo:	B																																				
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18																																						
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in																																						
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min																																				
RESULTADOS:																																							
																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Material Base</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Huella N°</th> <th rowspan="2">Zona de barrido</th> <th colspan="2">Dureza</th> </tr> <tr> <th>HRB</th> <th>Brinell HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MB</td> <td>93.2</td> <td>203</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MB</td> <td>94.6</td> <td>201</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MB</td> <td>94.7</td> <td>204</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MB</td> <td>93.6</td> <td>203</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MB</td> <td>93.7</td> <td>204</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio</td> <td>93.96</td> <td>203</td> </tr> </tbody> </table>						Material Base				Huella N°	Zona de barrido	Dureza		HRB	Brinell HB	1	MB	93.2	203	2	MB	94.6	201	3	MB	94.7	204	4	MB	93.6	203	5	MB	93.7	204	Promedio		93.96	203
Material Base																																							
Huella N°	Zona de barrido	Dureza																																					
		HRB	Brinell HB																																				
1	MB	93.2	203																																				
2	MB	94.6	201																																				
3	MB	94.7	204																																				
4	MB	93.6	203																																				
5	MB	93.7	204																																				
Promedio		93.96	203																																				
OBSERVACIONES:																																							

4.1.5 Fichas de ensayo de impacto del material base

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		 	
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO						EI.MB.1	
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio		N° de probeta:	1-2			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín		Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato		Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	24°C		Humedad relativa:	42%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.95	0.76	1.93	2.54	100	SI
2	0.80	1.02	0.82	1.93	2.35	100	SI
Promedio				1.93	2.44		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							

4.1.6 Composición química del material base

La composición química del material adquirido en la empresa Siderúrgica Tungurahua se determinó por análisis espectrométrico de ataque directo al material, como se muestra en las probetas de la figura 11.

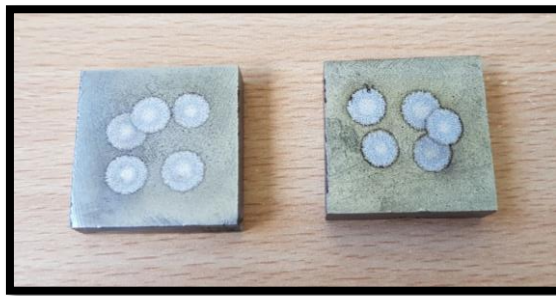


FIGURA 11. Probeta para ensayo de espectrometría.
Fuente: El autor

Mediante el ensayo espectrométrico se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 12. Composición química del material base

ANÁLISIS QUÍMICO DEL MATERIAL BASE			
C=3.80%	Al=0.00430%	W= <0.0100%	Bi= <0.0015%
SI=2.13%	Cu=0.427%	Pb= <0.0030%	Ce= <0.0030%
Mn=0.468%	Co=0.013%	Mg= <0.0010%	Zr= <0.0015%
P=0.224%	Ti=0.0210%	B= <0.005%	La= 0.00150%
S=0.0780%	Nb= <0.0025%	Sn=0.0190%	Fe= 92.4%
Cr=0.204%	V=0.0140%	Zn=0.0130%	
Ni=0.123%	Mo=0.0250%	As=0.0150%	

Fuente: (Ferro aleaciones S.A. FALESA, Departamento de fundición Guayaquil)

La composición química del material base es tomada de la tesis de Tene Salazar Oscar Fabián con el tema “Estudio de la temperatura de precalentamiento en el procedimiento de soldadura smaw en el hierro fundido gris y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada” ya que trabaja con el mismo material base adquirido en la misma empresa que en la presente investigación este análisis se muestra en el Anexo 7.

4.1.7 Composición del hierro fundido.

La composición del hierro fundido debe ser comprobada por medio de su composición química satisfaciendo tres requisitos estructurales básicos:

- La forma y distribución de grafito requerida
- La estructura
- La matriz requerida

Para el hierro fundido común, los principales elementos de la composición química son carbono y silicio. La Figura 12, muestra el rango de carbono y silicio para fundiciones comunes en comparación con el acero. Es evidente que los hierros tienen carbono que supera la solubilidad máxima del carbono en la austenita, que se muestra en la línea discontinua inferior. Un alto contenido de carbono aumenta la cantidad de grafito o Fe_3C .

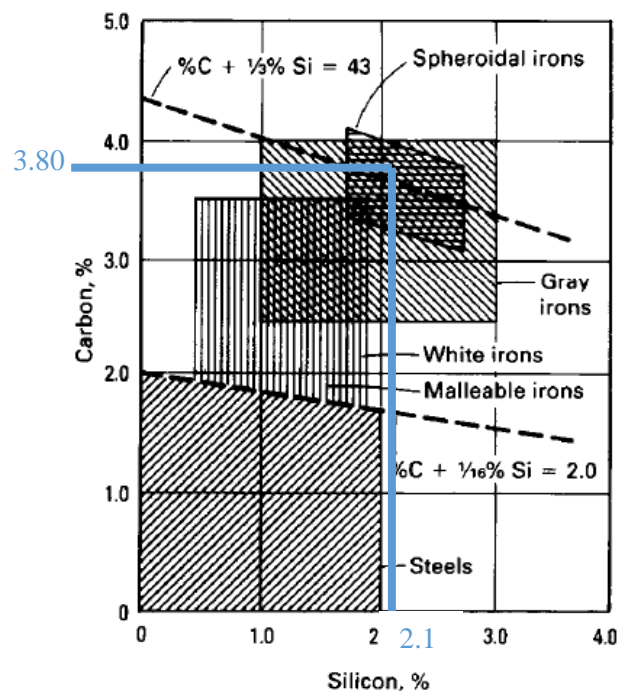

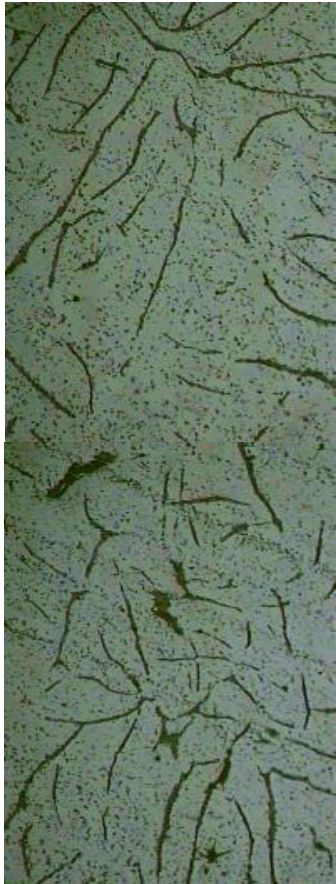






FIGURA 12. Rangos de composición de carbono y silicio de hierros fundidos comunes y acero [7].

Los metales de alto contenido de carbono y silicio aumentan el potencial de grafitación del hierro y su capacidad de fundición, en el diagrama podemos observar que señala una fundición gris comprobada por medio de su composición química.

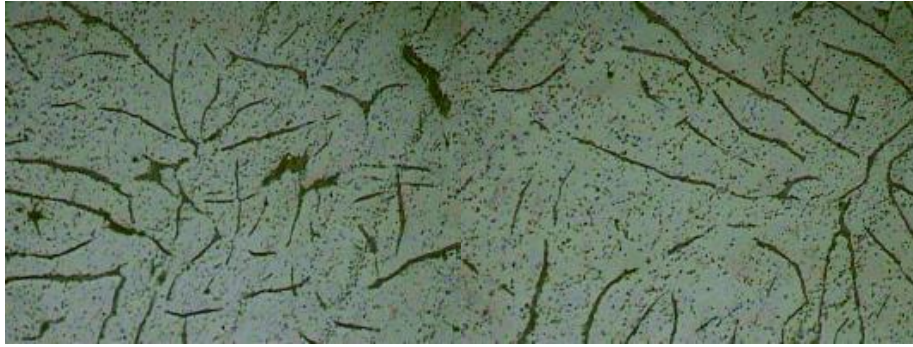
4.1.8 Comparación de tipo de grafito y clase de fundición.

Con la microestructura obtenida del material base mediante el ensayo metalográfico, se realizó una comparación con macrofotografías de hierro fundido gris del Metal Handbook determinando así el tipo de grafito y clase a la que corresponde el material base de la investigación.

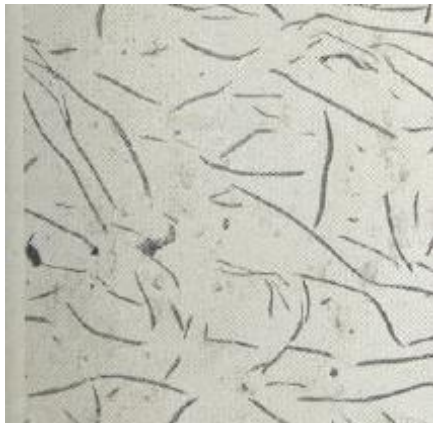
Comparación Visual del Tipo de Grafito Metals Handbook vs Resultados Obtenidos		
Macrofotografía Metals Handbook 100x	Designación	Resultado Obtenido Material Base 100x
	Tipo A distribución de láminas de grafito en el hierro gris, caracterizada por una distribución uniforme y una orientación aleatoria	
	Tipo B Distribución de copos de grafito en el hierro gris caracteriza por agrupar y una orientación al azar	
	Tipo C de distribución de escamas de grafito en el hierro gris, caracterizado por tamaño de las escamas superponen y orientación aleatoria	
	Tipo D distribución de escamas de grafito en el hierro gris, caracterizada por la segregación interdendrítica y orientación al azar	
	Tipo E distribución de escamas de grafito en el hierro gris, que se caracterizan por la segregación interdendrítica y orientación ordenada	



Comparación Visual



Hierro fundido gris obtenido en la investigación, 100X



Grafito tipo A, 100X


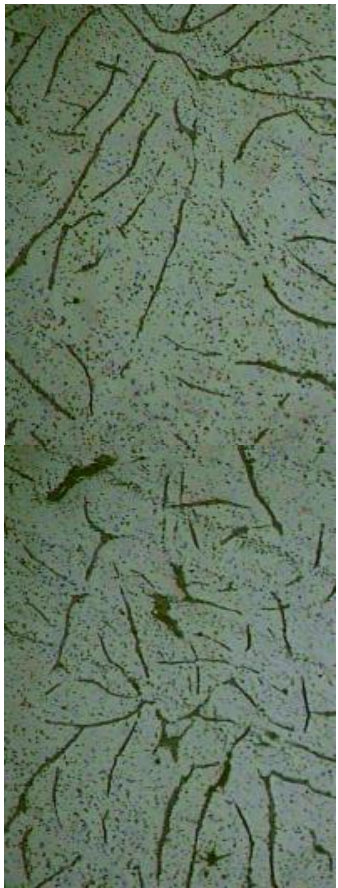





Gafito Tipo C, 100X

OBSERVACIONES:

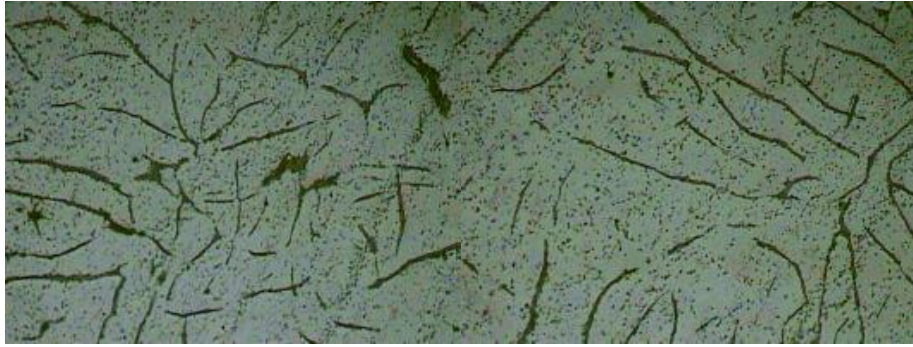
Mediante este análisis se determina que por medio del Metals Handbook, el grafito en escamas es de tipo A con una distribución de láminas de grafito uniforme con orientación aleatoria, es el preferido para la mayoría de las aplicaciones. En los tamaños de copos intermedios, el grafito en escamas tipo A es superior a otros tipos en ciertas aplicaciones de desgaste como los cilindros de los motores de combustión interna.

En la norma ASTM A 48, existen varias clases de fundición dependiente de la resistencia a la tracción que tenga el material, la clasificación empieza en No.20 A hasta un No. 60S. Sin embargo, en esta investigación nos guiaremos con el libro Metal Handbook que maneja 4 clases distintas de hierro fundido gris específicamente las cuales son utilizadas para la comparación visual del material base utilizado.

Comparación Visual de Clase de Hierro Fundido Gris Metal Handbook vs Resultados Obtenidos		
Macrofotografía Metal Handbook 100x	Designación	Resultado Obtenido Material Base 100x
	CLASE 20 hierro gris recocido medio manteniendo a 1450 °F (788 °C) 1 hora por pulgada de espesor, el enfriamiento del horno a 800 °F (427 °C) o de enfriamiento de aire, Tipo A grafito en una matriz de ferrita y perlita libres: bandas oscuras de perlita por los límites	
	Clase 30 hierro gris fundido a un molde de arena. Estructura: Tipo A, hojuelas de grafito en una matriz de 20% libre de ferrita (constituyente de la parte blanca y 80% perlita (parte oscura contituyente)	
	Clase 40 hierro gris, Estructura Tipo D, medida 7, Copos de grafito en una matriz de perlita fina, con numerosas partículas de carburo (blanco) debido a la rápida solidificación	
	Clase 50 hierro gris como de fundición Tamaño 7 copos de grafito con la segregación interdientítica, copos son principalmente de tipo D (orientación aleatoria), pero algunos son de tipo E orientación preferente), posiblemente debido a la inoculación inadecuada	



Comparación Visual



Hierro fundido gris obtenido en la investigación, 100X



Clase 20, 100X



Clase 30, 100X

OBSERVACIONES:

Mediante este análisis se determina que por medio del Metal Handbook la clase de hierro fundido gris a la que se asemeja más es la de clase 30 con hojuelas de Tipo A con una microestructura de grafito en una matriz ferritoperlítica, donde la ferrita constituye la parte blanca y la perlita la parte oscura, esto según una evaluación comparativa con las fotografías del Metal Handbook volumen 6.

4.1.9 Caracterización del Material Base

Una vez adquirido el material base se realiza varios análisis aplicando diferentes tipos de ensayos bajo normas internacionales, en donde se determinó los siguientes resultados:

El material base para realizar esta investigación es hierro fundido, por medio de su composición química se determinó que es un hierro fundido gris y mediante el análisis de su microestructura se concluye que posee una matriz Ferrito-Perlítica con grafito laminar con distribución aleatoria de hojuelas tipo A según la norma ASTM A 247, mediante una comparación visual se determina el tipo de grafito y la clase a la que pertenece el hierro fundido gris obteniendo como resultado al análisis visual que este material pertenece a una clase 30 determinado por las macrofotografías del Metal Handbook.

Este material base tiene una dureza de 203 HB. Su porcentaje de carbono es 3.8% con una resistencia a la tracción de 196.66 MPa, el cual fue clasificado como una fundición clase 30 por medio de la norma ASTM A 48.




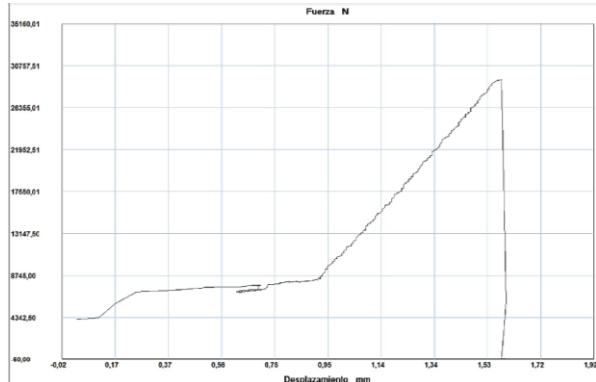
Tabla 13. Propiedades y características del material base

Propiedades y Características Del Material Base	
Propiedad o Característica	Resultado
Resistencia a la Tracción Promedio	196.66 MPa
Resistencia al Impacto Promedio	2.44 J/cm ²
Dureza	203 HB
Carbono total	3.8%
Distribución de grafito	Tipo A
Matriz Predominante	Ferrito - Perlítica

Fuente: El autor

4.1.10 Análisis de probetas sometidas a tracción de hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.

4.1.10.1 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo A

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN			ET.A.1		
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M		
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado				
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm		
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min		
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%		
RESULTADOS:					
Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
29300.1	7750.00	96.74	25.59	3.16	3.06
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					
GRÁFICAS					
					
OBSERVACIONES:					



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.A.2

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	2
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%

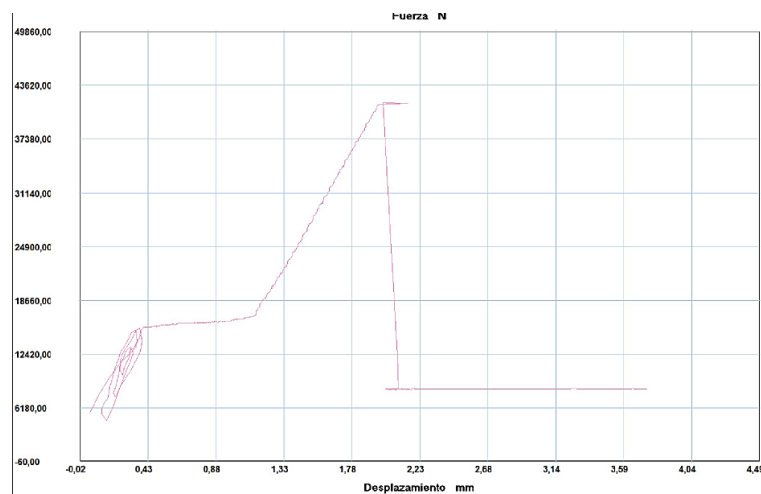
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
41550.00	15450.00	145.87	54.24	3.93	3.79

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.A.3

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	3
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%

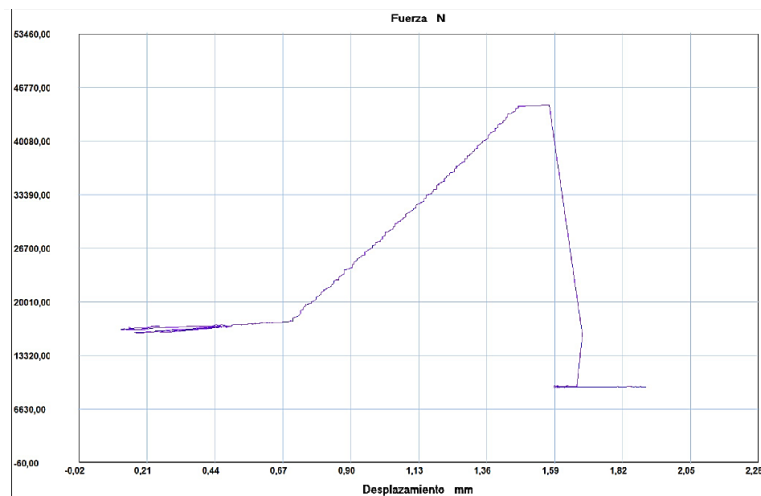
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
44500.00	17150.00	141.86	54.61	3.14	3.05

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.A.4

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	4
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

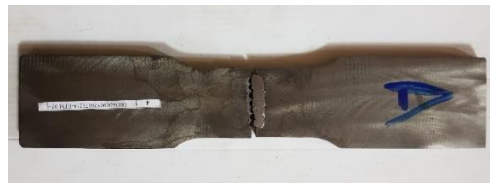
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%

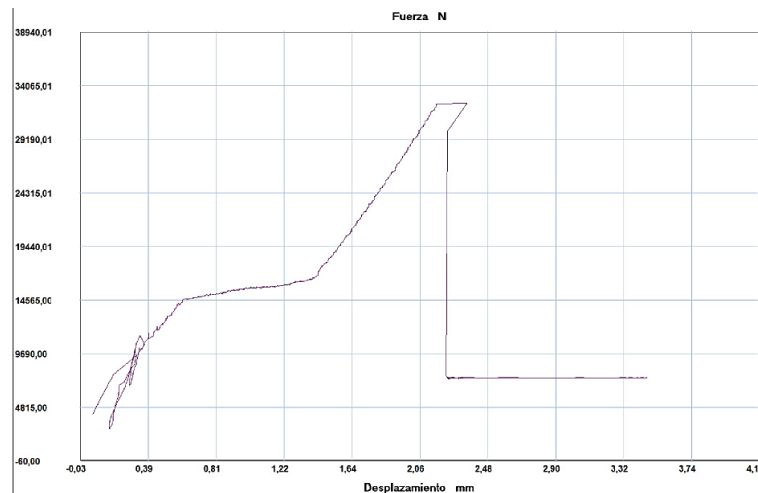
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
32450.01	11350.00	111.05	38.84	4.70	4.49

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN **ET.A.5**

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	5
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%

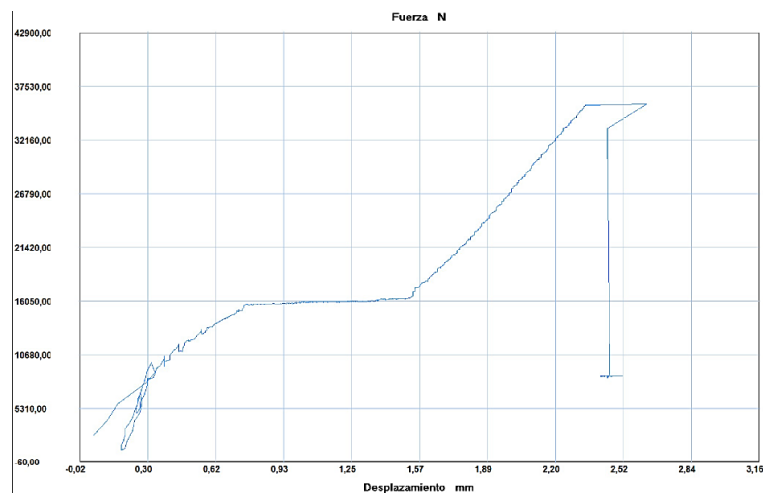
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
35750.00	10550.00	115.20	34.00	5.26	5.00

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.A.1-2-3-4-5

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

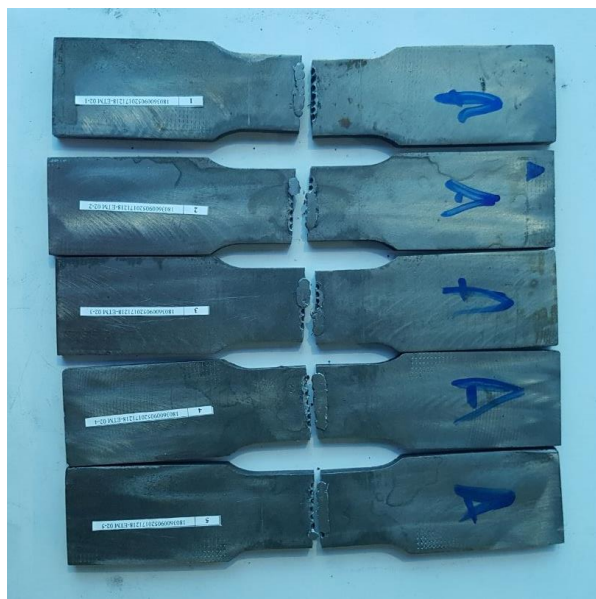
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.7%

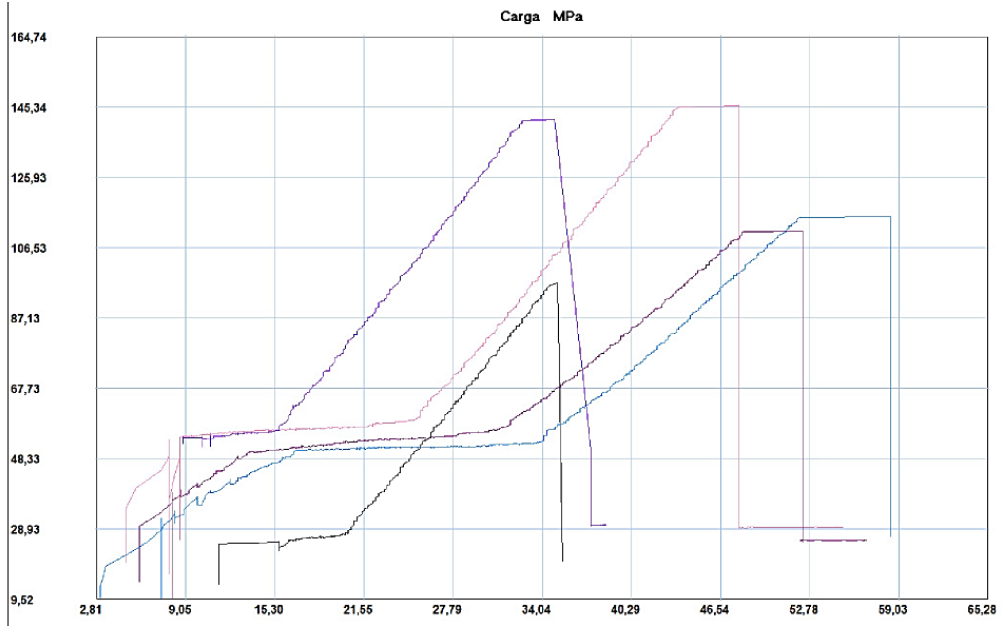
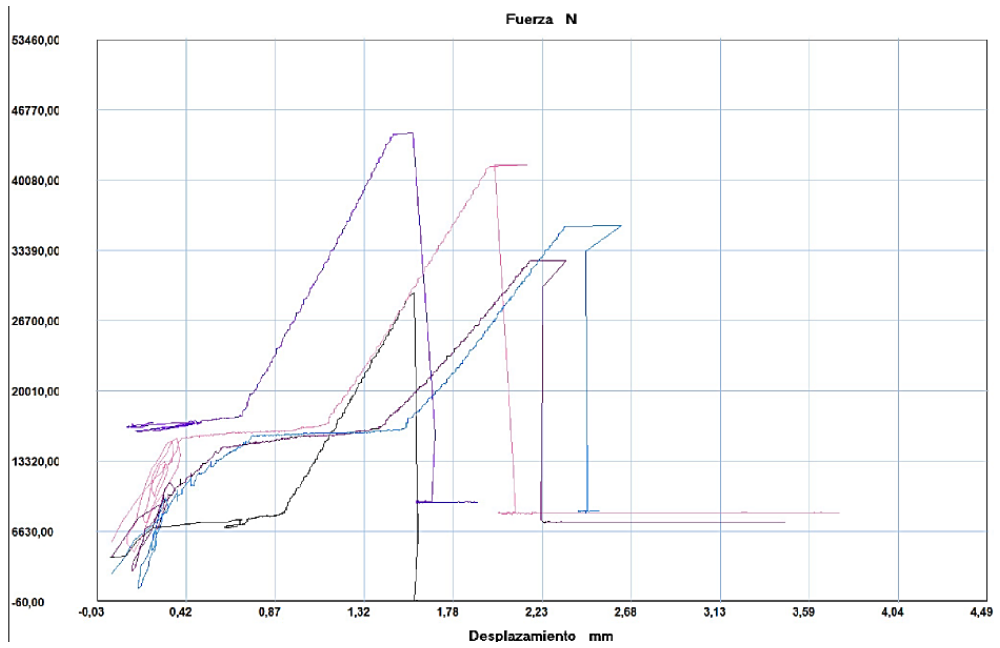
RESULTADOS:

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	29300.1	7750.00	96.74	25.59	3.16	3.06
2	41550.00	15450.00	145.87	54.24	3.93	3.79
3	44500.00	17150.00	141.86	54.61	3.14	3.05
4	32450.01	11350.00	111.05	38.84	4.70	4.49
5	35750.00	10550.00	115.20	34.00	5.26	5.00
Promedio	36720.00	12450.00	122.14	41.46	4.04	3.88
Desv. Est.	6302.14	3807.89	54.74	12.75	0.94	0.87

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





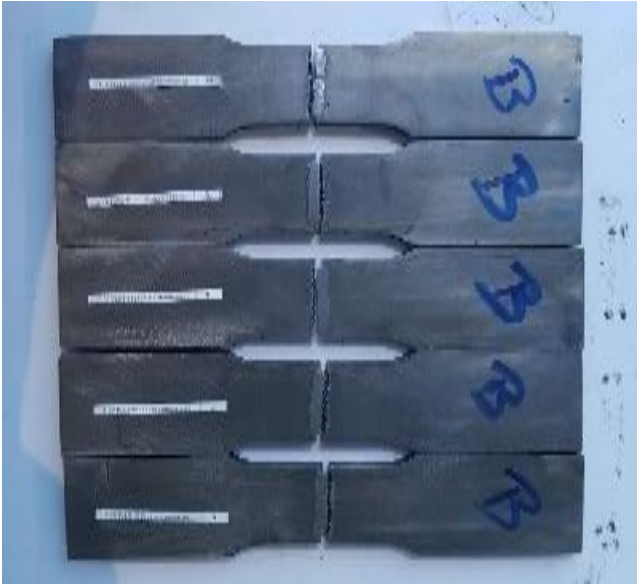
GRÁFICAS



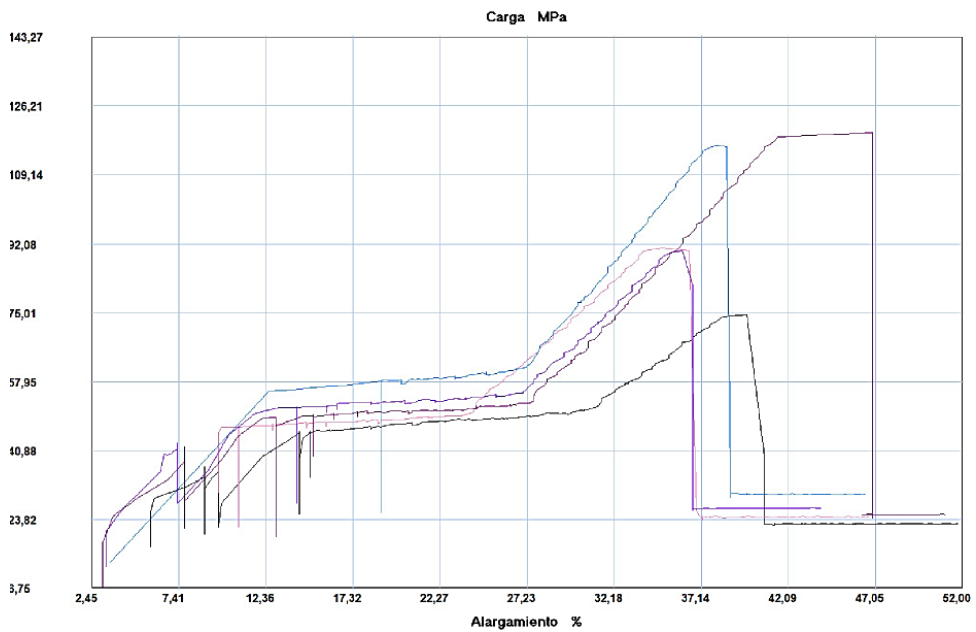
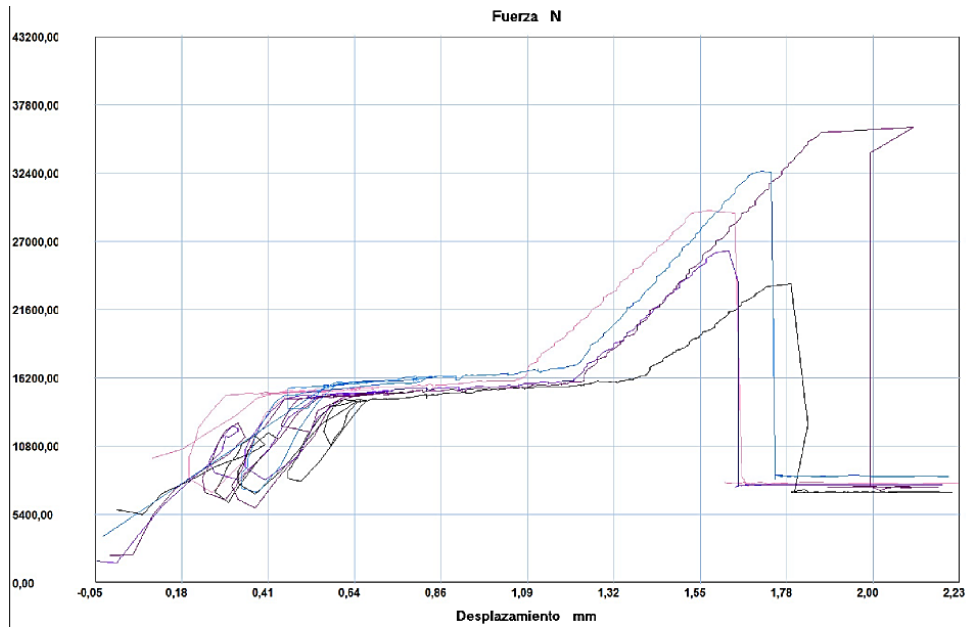
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	29300,01	29300,01	7750,00	96,74	96,74	25,59
■ 2	41550,00	41550,00	15450,00	145,86	145,86	54,24
■ 3	44550,00	44550,00	17150,00	141,86	141,86	54,61
■ 4	32450,01	32450,01	11350,00	111,05	111,05	38,84
■ 5	35750,00	35750,00	10550,00	115,20	115,20	34,00

OBSERVACIONES:

4.1.10.2 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo B

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN				ET.B.1-2-3-4-5		
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado					
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	24.5°C	Humedad relativa:	43.5%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	23650.00	14450.00	74.69	45.64	3.58	3.45
2	29200.01	15350.00	90.42	47.53	3.28	3.18
3	26250.01	15000.00	90.47	51.70	3.26	3.16
4	36000.00	14800.00	119.57	49.16	4.22	4.05
5	32450.01	16300.00	115.91	58.22	3.47	3.36
Promedio	29510.01	15180.00	98.21	50.45	3.56	3.44
Desv. Est.	4894.56	705.87	19.34	4.88	0.39	0.36
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						




GRÁFICAS



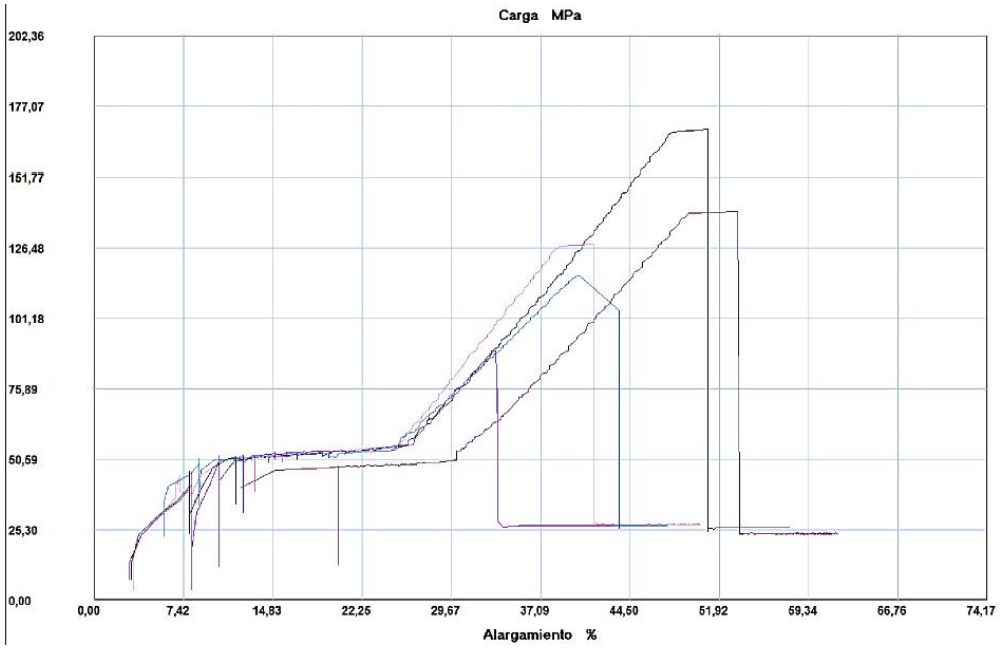
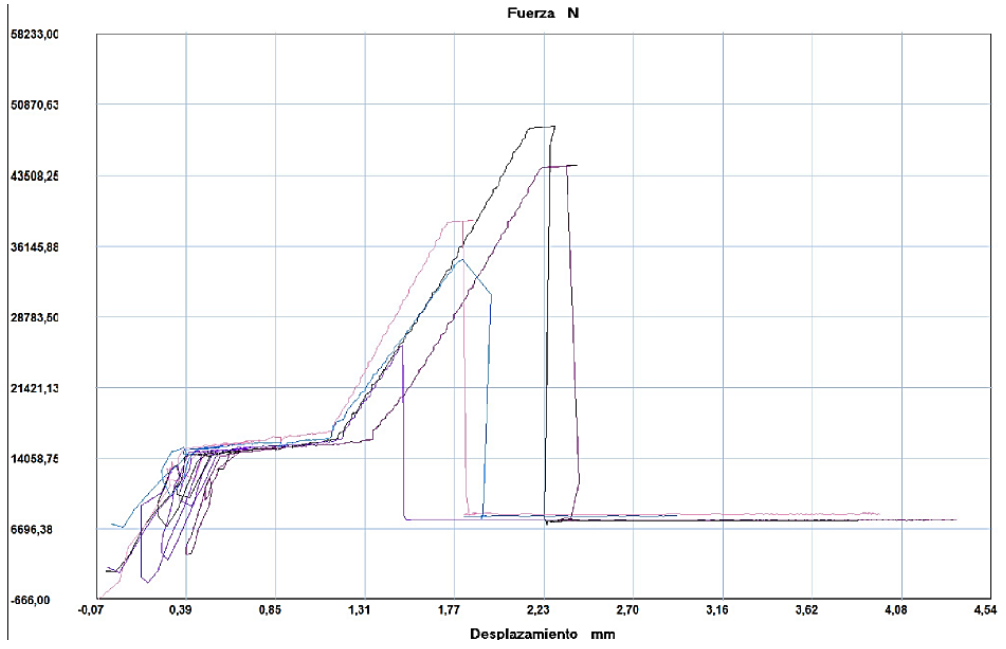
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	23650,00	23650,00	14450,00	74,69	74,69	45,64
■ 2	29450,01	29200,01	15350,00	91,20	90,42	47,53
■ 3	26250,01	26250,01	15000,00	90,47	90,47	51,70
■ 4	36000,00	36000,00	14800,00	119,57	119,57	49,16
■ 5	32550,01	32450,01	16300,00	116,27	115,91	58,22

OBSERVACIONES:

4.1.10.3 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo C

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN				ET.C.1-2-3-4-5		
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado					
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	22°C	Humedad relativa:	51.7%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	48600.00	14800.00	168.64	51.35	4.58	4.38
2	38800.00	15750.00	627.84	51.83	3.63	3.50
3	25800.01	15000.00	89.79	52.20	3.00	2.91
4	44500.00	15250.00	139.64	47.85	4.70	4.49
5	34800.00	15200.00	116.53	50.90	3.63	3.50
Promedio	38500.00	15200.00	128.49	50.83	3.91	3.76
Desv. Est.	8847.03	355.32	29.06	1.73	0.72	0.67
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						




GRÁFICAS



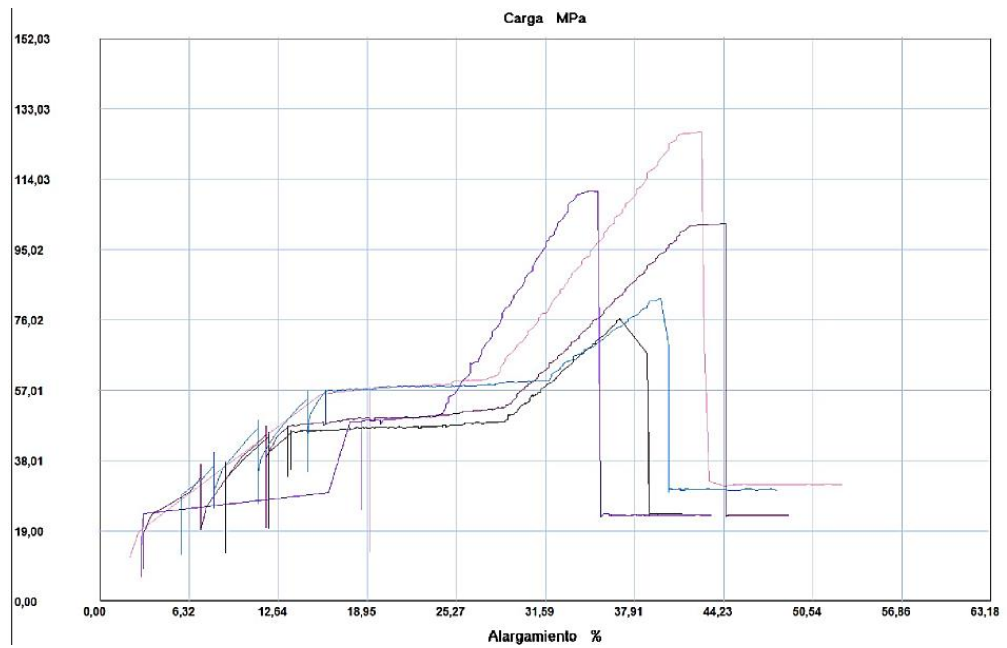
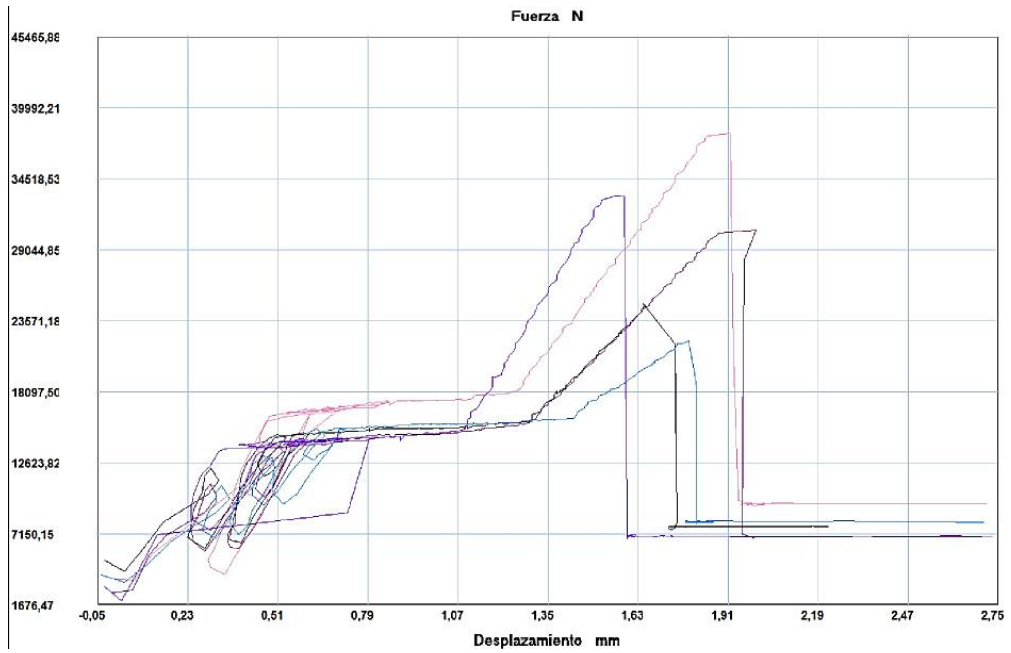
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	48600,00	48600,00	14800,00	168,64	168,64	51,35
2	38850,00	38800,00	15750,00	127,84	127,68	51,83
3	25800,01	25800,01	15000,00	89,79	89,79	52,20
4	44500,00	44500,00	15250,00	139,64	139,64	47,85
5	34800,00	34800,00	15200,00	116,53	116,53	50,90

OBSERVACIONES:

4.1.10.4 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo D

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN				ET.D.1-2-3-4-5		
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado					
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	24.3°C	Humedad relativa:	43.6%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	24850.00	14850.00	76.45	45.68	3.30	3.19
2	38000.00	17300.00	126.70	57.68	3.84	3.69
3	33150.00	14600.00	110.63	48.72	3.18	3.08
4	30550.01	14150.00	102.16	47.32	3.97	3.82
5	22050.00	13200.00	81.95	49.06	3.58	3.45
Promedio	29720.00	14820.00	99.58	49.69	3.57	3.45
Desv. Est.	6394.49	1522.58	20.68	9.38	0.34	0.32
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						




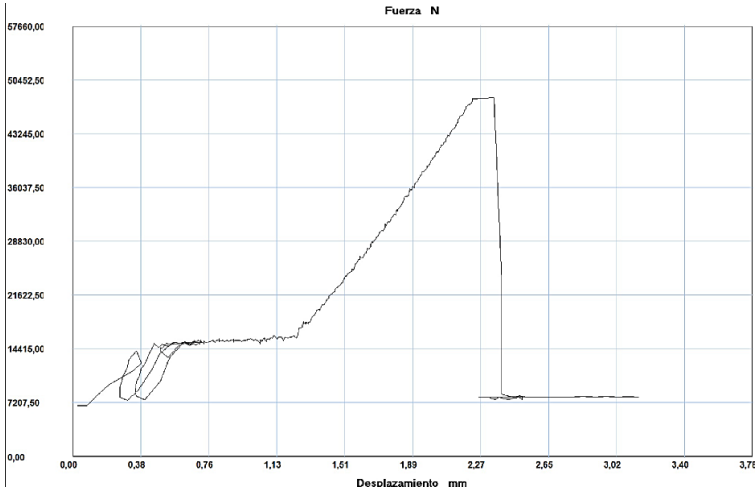
GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	24850,00	24850,00	14850,00	76,45	76,45	45,68
■ 2	38000,00	38000,00	17300,00	126,70	126,70	57,68
■ 3	33200,00	33150,00	14600,00	110,79	110,63	48,72
■ 4	30550,01	30550,01	14150,00	102,16	102,16	47,32
■ 5	22050,00	22050,00	13200,00	81,95	81,95	49,06

OBSERVACIONES:

4.1.10.5 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo E

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN			ET.E.1		
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M		
Acondicionamiento a la superficie:		Fresado			
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm		
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min		
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%		
RESULTADOS:					
Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
48050.00	15300.00	152.29	48.49	4.69	4.48
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					
GRÁFICAS					
					
OBSERVACIONES:					



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.E.2

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	2
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%

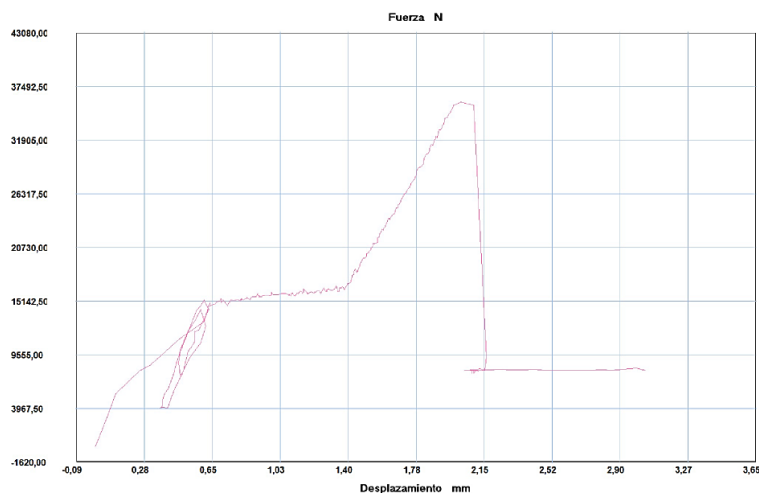
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
35550.00	15250.00	109.48	46.96	4.18	4.02

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.E.3

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	3
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%

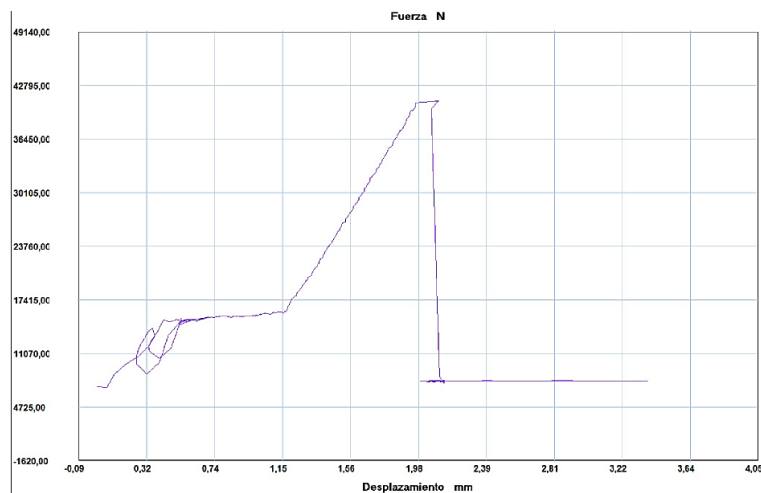
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
40950.00	15150.00	143.60	53.13	4.20	4.03

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.E.4

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	4
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%

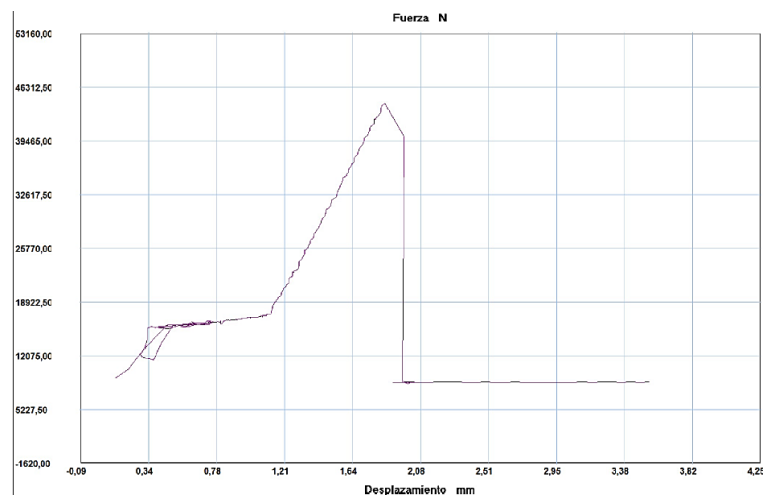
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
44300.00	16450.00	140.98	52.35	3.70	3.57

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.E.5

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	5
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%

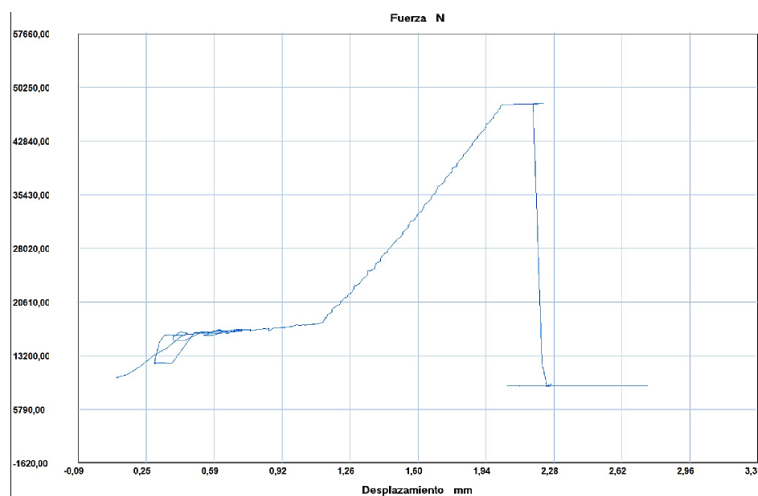
RESULTADOS:

Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	% Elongación	% Reducción de Área
47950.00	16800.00	166.17	58.22	4.36	4.18

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



OBSERVACIONES:



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



FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN

ET.E.1-2-3-4-5

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		

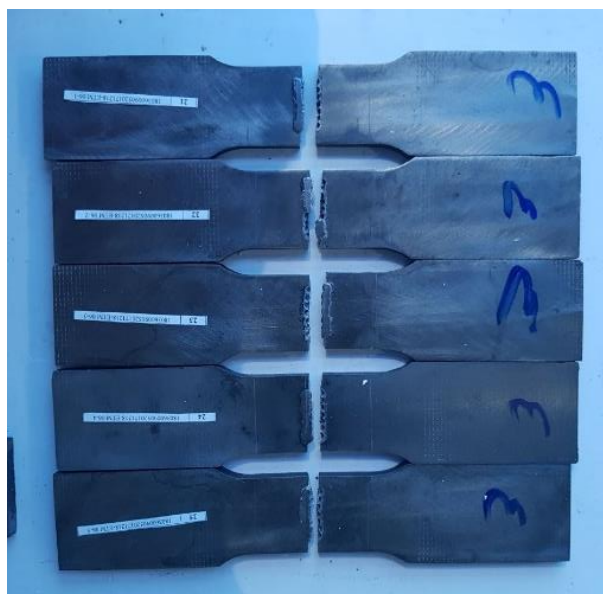
PARÁMETROS DEL ENSAYO

Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado		
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	43.5%

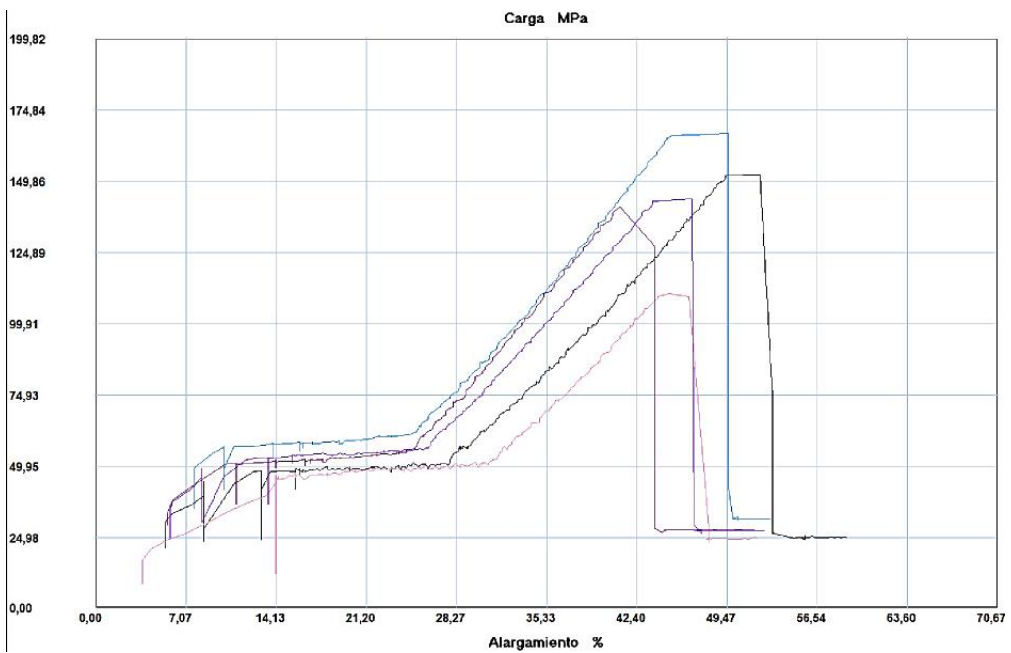
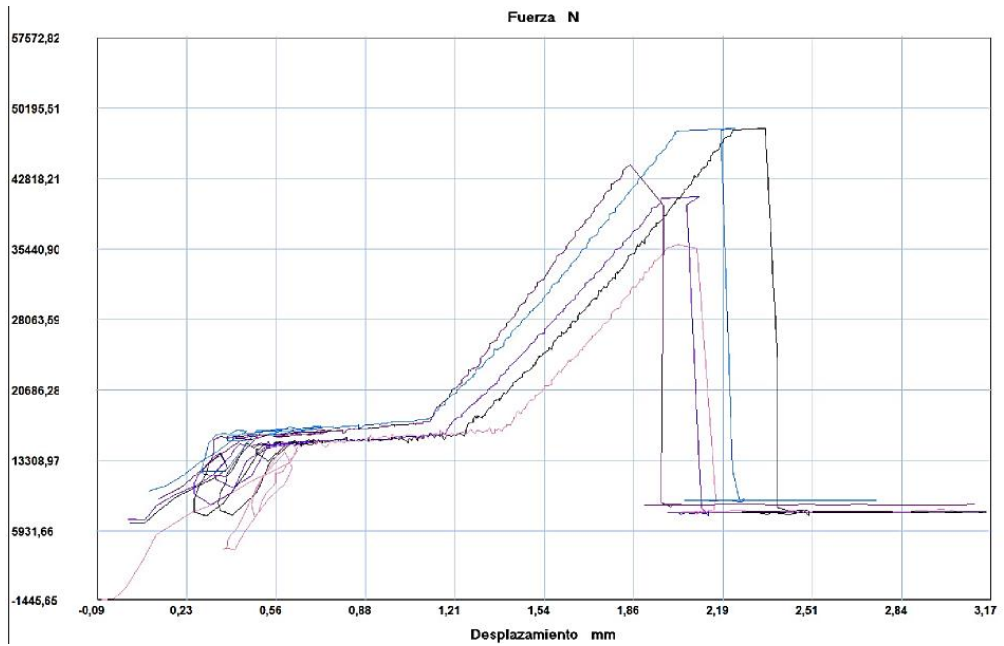
RESULTADOS:

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	48050.00	15300.00	152.29	48.49	4.69	4.48
2	35550.00	15250.00	109.48	46.96	4.18	4.02
3	40950.00	15150.00	143.60	53.13	4.20	4.03
4	44300.00	16450.00	140.98	52.35	3.70	3.57
5	47950.00	16800.00	166.17	58.22	4.36	4.18
Promedio	43360.00	15790.00	142.50	51.83	4.23	4.05
Desv. Est.	5261.94	774.11	20.92	4.41	0.36	0.33

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO






GRÁFICAS



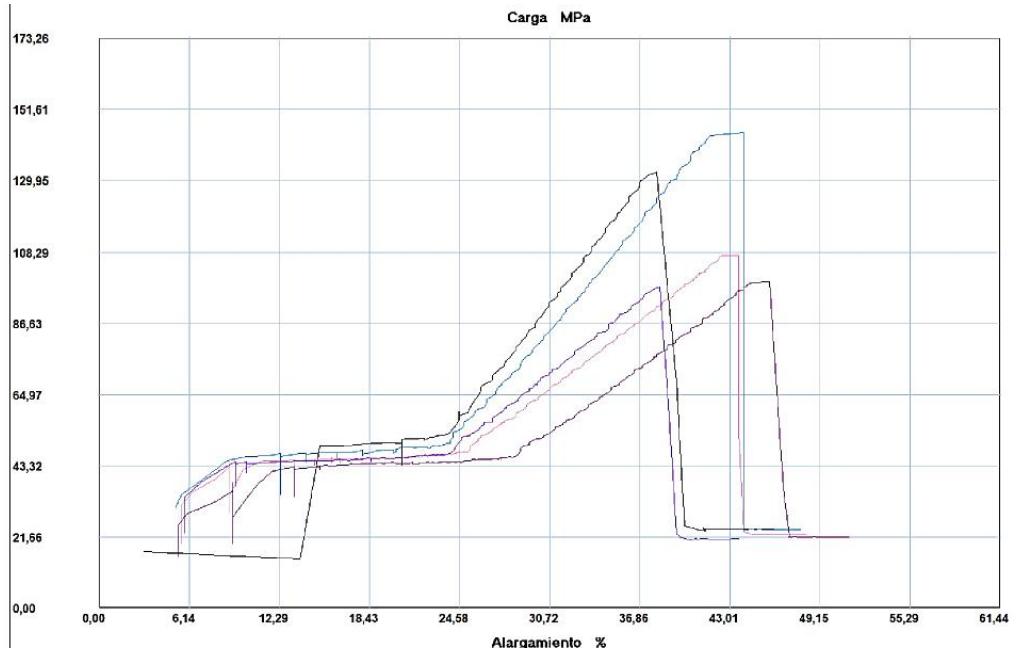
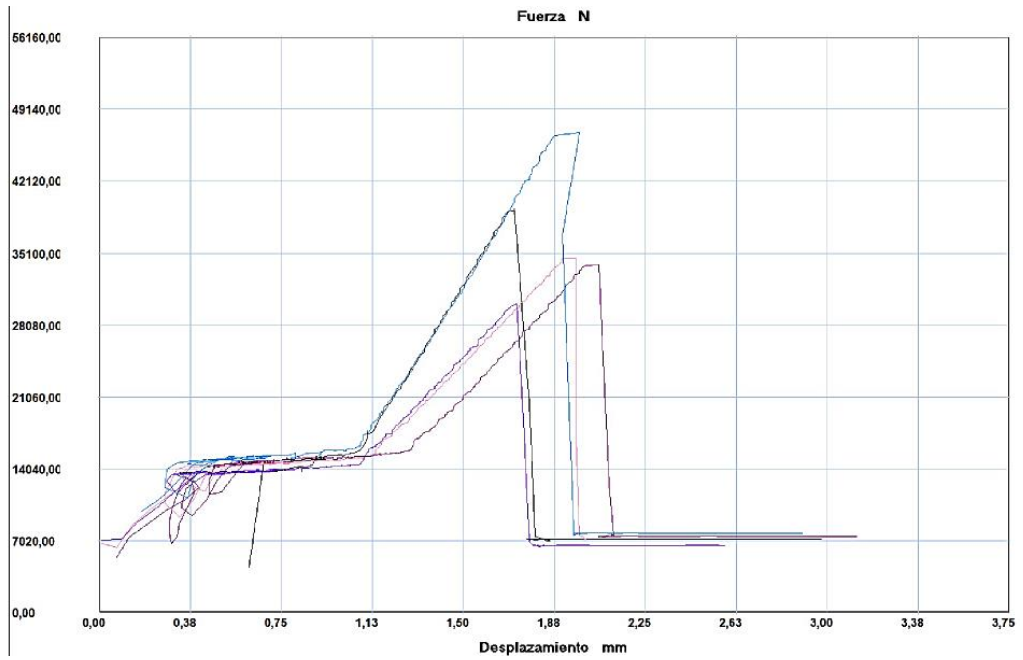
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	48050,00	48050,00	15300,00	152,29	152,29	48,49
2	35900,00	35550,00	15250,00	110,56	109,48	46,96
3	40950,00	40950,00	15150,00	143,60	143,60	53,13
4	44300,00	44300,00	16450,00	140,98	140,98	52,35
5	48050,00	47950,00	16800,00	166,51	166,17	58,22

OBSERVACIONES:

4.1.10.6 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo F

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN				ET.F.1-2-3-4-5		
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado					
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	22.1°C	Humedad relativa:	51.2%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	39400.00	15250.00	132.43	51.26	3.32	3.31
2	34650.00	14600.00	107.43	45.27	3.92	3.78
3	30200.01	13800.00	97.69	44.64	3.44	3.32
4	34050.00	14700.00	99.42	42.92	4.11	3.95
5	46800.00	15350.00	144.39	47.36	3.96	3.81
Promedio	37020.00	14740.00	116.27	46.29	3.77	3.63
Desv. Est.	6369.12	6199.88	20.97	3.20	3.20	0.30
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						



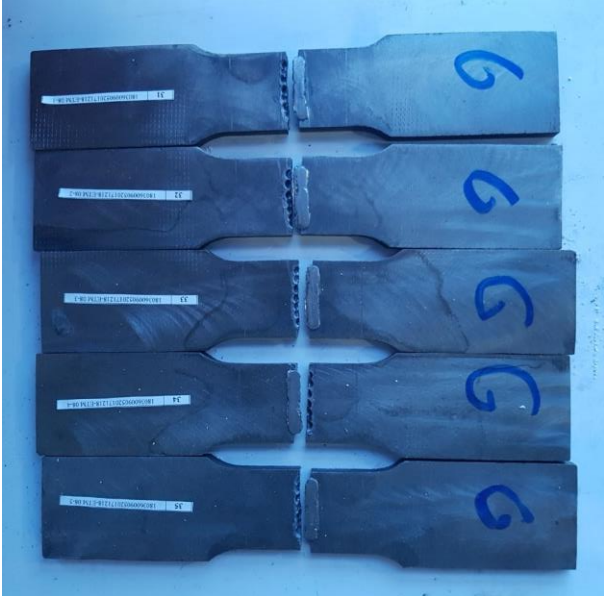
GRÁFICAS



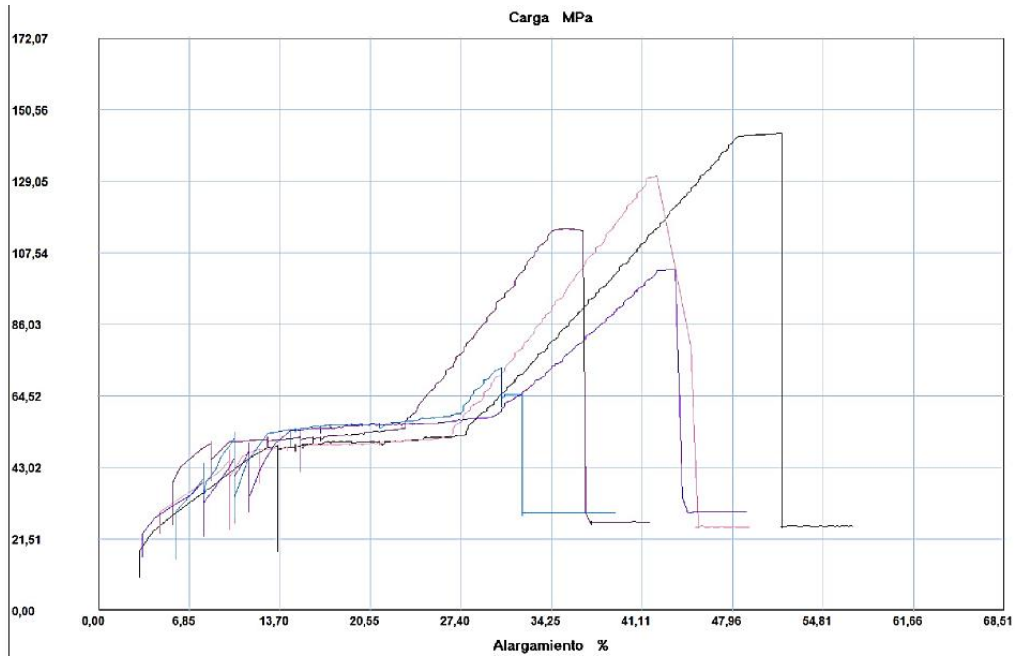
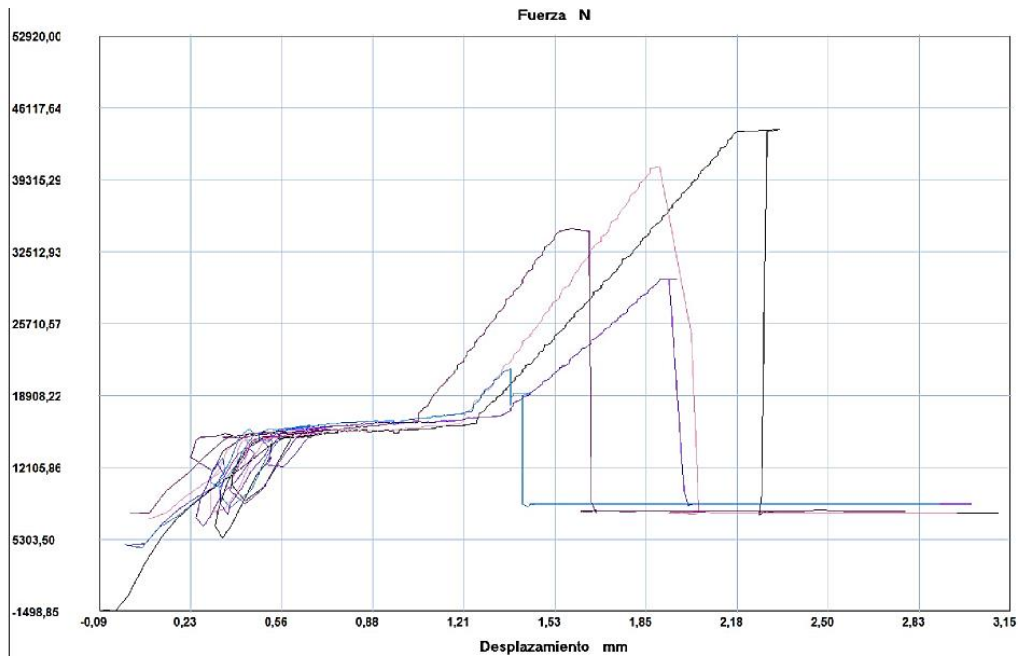
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	39400,00	39400,00	15250,00	132,43	132,43	51,26
■ 2	34650,00	34650,00	14600,00	107,43	107,43	45,27
■ 3	30200,01	30200,01	13800,00	97,69	97,69	44,64
■ 4	34050,00	34050,00	14700,00	99,42	99,42	42,92
■ 5	46800,00	46800,00	15350,00	144,39	144,39	47,36

OBSERVACIONES:

4.1.10.7 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo G

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN				ET.G.1-2-3-4-5		
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado					
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	24.4°C	Humedad relativa:	42.8%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	44100.00	15250.00	143.39	49.58	4.65	4.45
2	40600.00	15100.00	130.55	48.55	3.80	3.66
3	29950.01	14050.00	102.37	48.03	3.87	3.73
4	34700.00	15750.00	114.29	52.17	3.30	3.19
5	21450.00	15750.00	72.95	53.56	2.74	2.67
Promedio	34160.00	15180.00	112.71	50.38	3.67	3.54
Desv. Est.	8941.91	696.06	27.16	2.39	0.71	0.66
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						



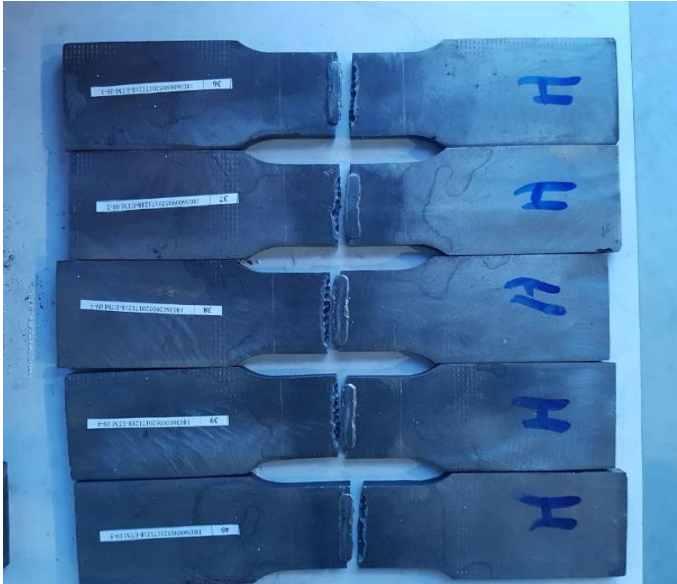
GRÁFICAS



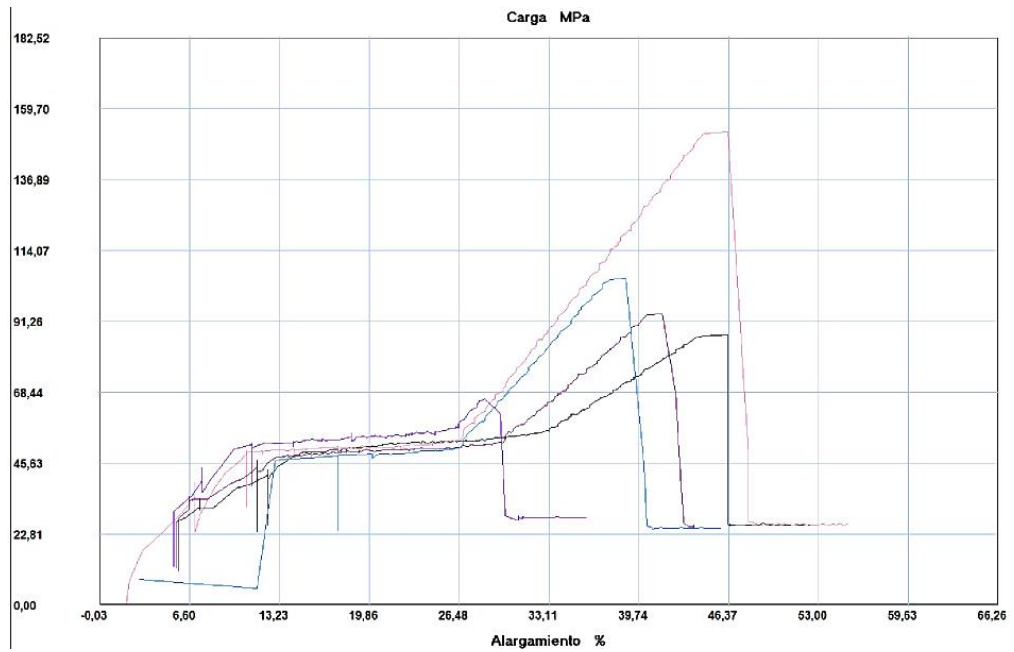
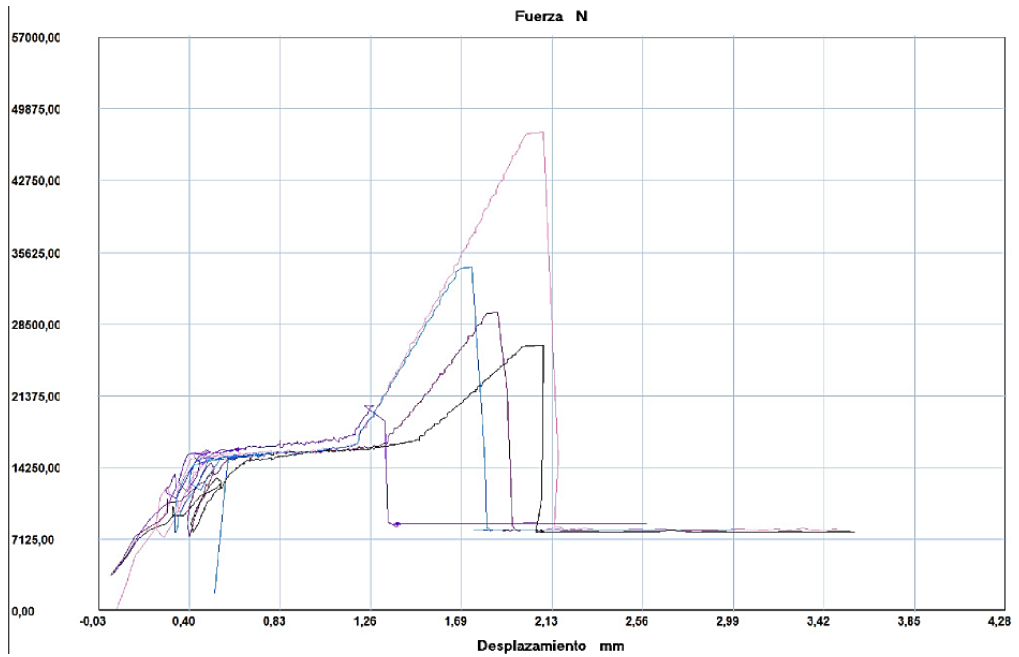
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	44100,00	44100,00	15250,00	143,39	143,39	49,58
■ 2	40600,00	40600,00	15100,00	130,55	130,55	48,55
■ 3	29950,01	29950,01	14050,00	102,37	102,37	48,03
■ 4	34700,00	34500,00	15750,00	114,95	114,29	52,17
■ 5	21450,00	21450,00	15750,00	72,95	72,95	53,56

OBSERVACIONES:

4.1.10.8 Fichas de reporte ensayos de tracción con variable tipo H

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN			ET.H.1-2-3-4-5			
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2-3-4-5			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Universal. Metro Test 50kN					
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
PARÁMETROS DEL ENSAYO						
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 8M			
Acondicionamiento a la superficie:		Fresado				
Método:	Deformación controlada	Longitud de calibración:	50mm			
Precarga:	5000 N	Velocidad de ensayo:	10mm/min			
Temperatura:	24.6°C	Humedad relativa:	42%			
RESULTADOS:						
Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (Mpa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	26450.01	13200.00	86.98	43.41	4.17	4.00
2	47500.00	15500.00	152.10	49.6	4.17	4.00
3	20400.00	16000.00	66.43	52.10	2.55	2.49
4	29700.01	14100.00	93.61	44.44	3.73	3.60
5	34250.00	15650.00	105.06	48.00	3.49	3.37
Promedio	31660.00	14890.00	100.84	47.52	3.62	3.49
Desv. Est.	10190.52	1189.75	31.91	3.61	0.67	0.62
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS





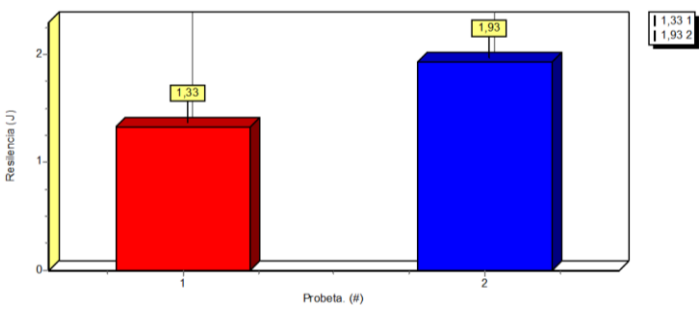


Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	26450,01	26450,01	13200,00	86,98	86,98	43,41
■ 2	47500,00	47500,00	15500,00	152,10	152,10	49,63
■ 3	20400,00	20400,00	16000,00	66,43	66,43	52,10
■ 4	29700,01	29700,01	14100,00	93,61	93,61	44,44
■ 5	34250,00	34250,00	15650,00	105,06	105,06	48,00




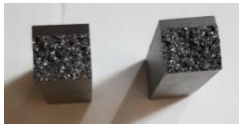
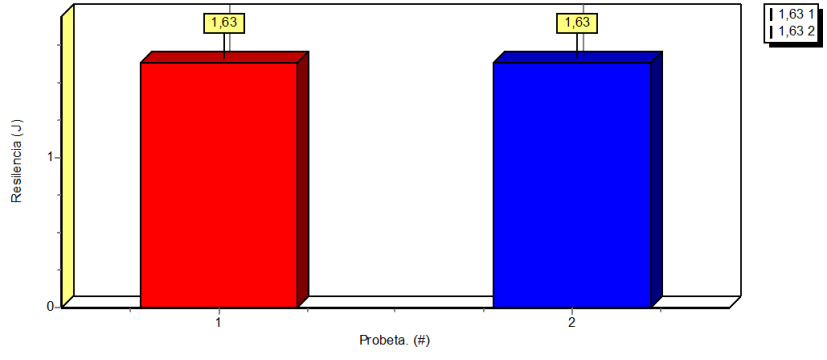
OBSERVACIONES:

4.1.11 Análisis de probetas sometidas a impacto de hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.




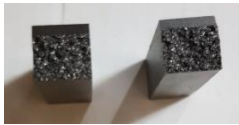
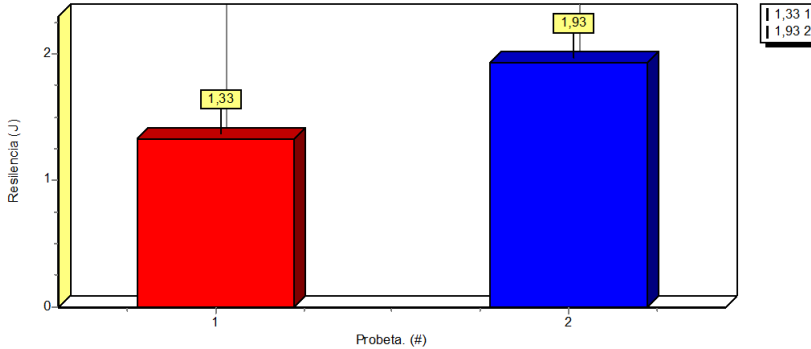
4.1.11.1 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo A

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				EI.A.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 23				
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J	Velocidad de impacto:	5.42m/s				
Temperatura:	25.5°C	Humedad relativa:	44.7%				
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°	Dimensiones:	10x10x55(mm)				
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.98	0.79	1.33	1.69	100	SI
2	0.80	1.04	0.83	1.93	2.32	100	SI
Promedio				1.63	2.01		
Desviación estándar				0.42	0.45		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							




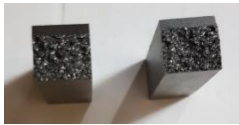
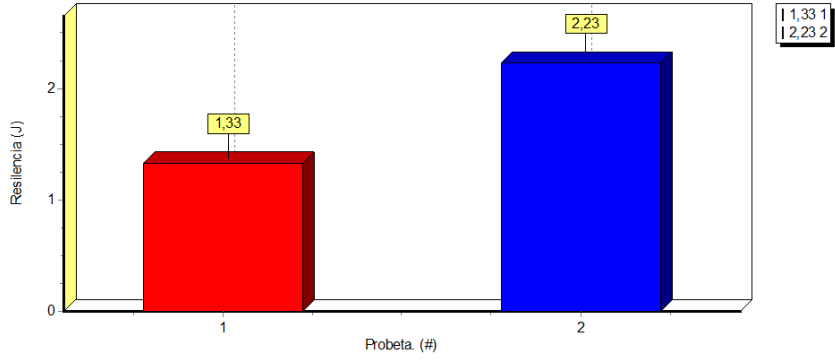
4.1.11.2 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO			EI.B.1-2				
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 23				
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J	Velocidad de impacto:	5.42m/s				
Temperatura:	25.3°C	Humedad relativa:	43.9%				
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°	Dimensiones:	10x10x55(mm)				
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.99	0.79	1.63	2.06	100	SI
2	0.80	0.98	0.79	1.63	2.07	100	SI
Promedio				1.63	2.06		
Desviación estándar				0	0.01		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
 							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							




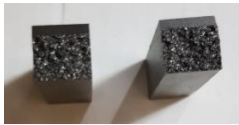
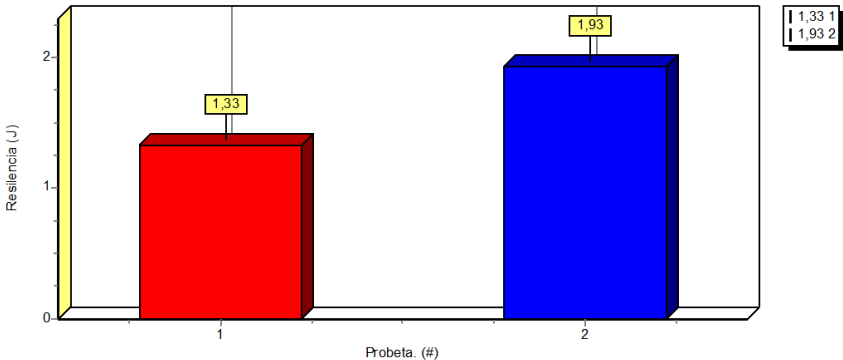
4.1.11.3 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo C

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				E.I.C.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 23				
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J	Velocidad de impacto:	5.42m/s				
Temperatura:	25.4°C	Humedad relativa:	44.5%				
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°	Dimensiones:	10x10x55(mm)				
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida	Resistencia al Impacto	Aspecto de la fractura	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Joule (J)	Joule (J)/cm ²	% de cizallamiento	
1	0.80	1	0.80	1.33	1.67	100	SI
2	0.80	1.06	0.85	1.93	2.28	100	SI
Promedio				1.63	1.98		
Desviación estándar				0.42	0.43		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
 							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							




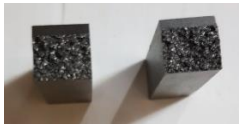
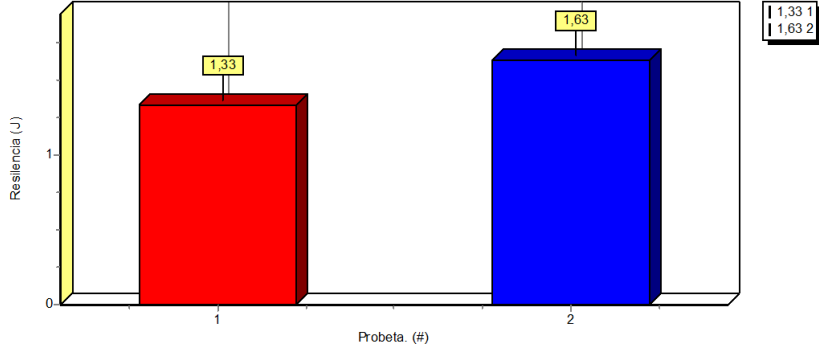
4.1.11.4 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo D

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				E.I.D.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	25.2°C		Humedad relativa:	44%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	1	0.80	1.33	1.66	100	SI
2	0.80	1.02	0.81	2.23	2.74	100	SI
Promedio				1.78	2.20		
Desviación estándar				0.64	0.77		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							




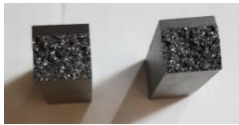
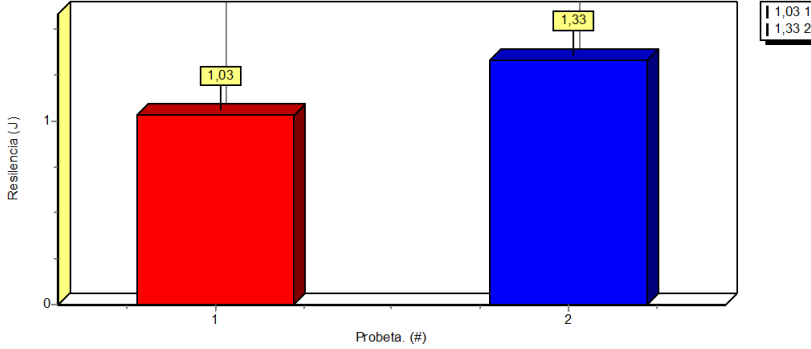
4.1.11.5 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo E

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		 	
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO						E.I.E.1-2	
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio		N° de probeta:	1-2			
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín		Realizado por:	Christian Morales			
Ciudad:	Ambato		Fecha de ejecución:	17/08/2017			
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	24.9°C		Humedad relativa:	46.8%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.99	0.79	1.33	1.68	100	SI
2	0.80	1.05	0.84	1.93	2.29	100	SI
Promedio				1.63	1.99		
Desviación estándar				0.42	0.43		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							




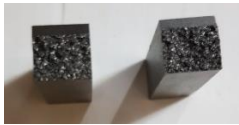
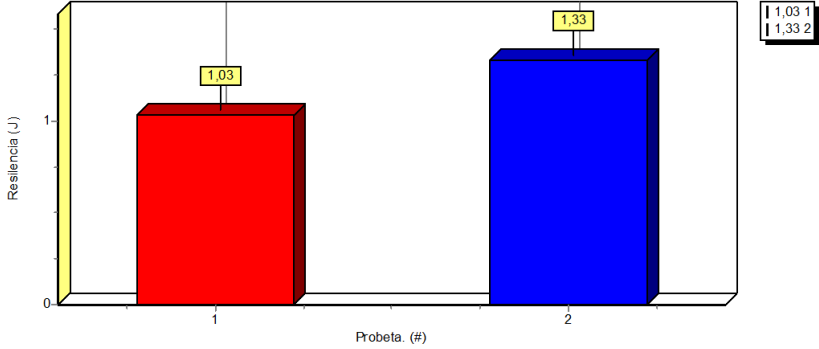
4.1.11.6 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo F

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				E.I.F.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	24.9°C		Humedad relativa:	46.8%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.96	0.77	1.33	1.73	100	SI
2	0.80	1.01	0.80	1.63	2.03	100	SI
Promedio				1.48	1.88		
Desviación estándar				0.21	0.21		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
 							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							

4.1.11.7 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo G




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				EI.G.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	24.3°C		Humedad relativa:	45.3%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.95	0.76	1.03	1.35	100	SI
2	0.80	1.01	0.81	1.33	1.65	100	SI
Promedio				1.18	1.50		
Desviación estándar				0.21	0.21		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
 							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							

4.1.11.8 Fichas de reporte ensayos de impacto con variable tipo H




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
							
FICHA DE ENSAYO DE IMPACTO				EI.H.1-2			
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1-2				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales				
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017				
Máquina:	Máquina de Ensayos Charpy. PIC 450 J.						
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
PARÁMETROS DEL ENSAYO							
Norma de referencia:	ASTM		Designación:	E 23			
Acondicionamiento a la superficie:	Fresado						
Método:	Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.						
Energía utilizada:	450 J		Velocidad de impacto:	5.42m/s			
Temperatura:	24.3°C		Humedad relativa:	45.3%			
Tipo de entalle:	En V, 2mm, 45°		Dimensiones:	10x10x55(mm)			
RESULTADOS:							
Probeta	Sección transversal de la probeta			Energía Absorbida Joule (J)	Resistencia al Impacto Joule (J)/cm ²	Aspecto de la fractura % de cizallamiento	Fractura
	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				
1	0.80	0.97	0.78	1.33	1.72	100	SI
2	0.80	0.89	0.71	1.63	2.30	100	SI
Promedio				1.48	2.01		
Desviación estándar				0.21	0.41		
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO							
 							
GRÁFICAS							
							
OBSERVACIONES:							

4.1.12 Análisis de probetas sometidas a ensayo de dureza en hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.

4.1.12.1 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo A

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA			ED.A.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Método:	Rockwell	Tipo:	B
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18		
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in		
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min
RESULTADOS:			
			
Grupo A			
Huella N°	Zona de barrido	Dureza	
		HRB	Brinell HB
1	MA	79.3	156
2	MA	88.7	173
3	MA	71.7	187
4	MA	80.5	181
5	MA	83.2	168
Promedio		80.68	173
OBSERVACIONES:			




4.1.12.2 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo B

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																			
																																							
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA				ED.B.1																																			
DATOS INFORMATIVOS																																							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1																																				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales																																				
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017																																				
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C																																				
PARÁMETROS DEL ENSAYO																																							
Método:	Rockwell	Tipo:	B																																				
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18																																						
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in																																						
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min																																				
RESULTADOS:																																							
																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Grupo B</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Huella N°</th> <th rowspan="2">Zona de barrido</th> <th colspan="2">Dureza</th> </tr> <tr> <th>HRB</th> <th>Brinell HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MA</td> <td>88.2</td> <td>182</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MA</td> <td>83.6</td> <td>172</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MA</td> <td>89.7</td> <td>181</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MA</td> <td>75.3</td> <td>178</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MA</td> <td>88.4</td> <td>177</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio</td> <td>85.04</td> <td>178</td> </tr> </tbody> </table>						Grupo B				Huella N°	Zona de barrido	Dureza		HRB	Brinell HB	1	MA	88.2	182	2	MA	83.6	172	3	MA	89.7	181	4	MA	75.3	178	5	MA	88.4	177	Promedio		85.04	178
Grupo B																																							
Huella N°	Zona de barrido	Dureza																																					
		HRB	Brinell HB																																				
1	MA	88.2	182																																				
2	MA	83.6	172																																				
3	MA	89.7	181																																				
4	MA	75.3	178																																				
5	MA	88.4	177																																				
Promedio		85.04	178																																				
OBSERVACIONES:																																							

4.1.12.3 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo C

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																					
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA				ED.C.1																																			
DATOS INFORMATIVOS																																							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1																																				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales																																				
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017																																				
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C																																				
PARÁMETROS DEL ENSAYO																																							
Método:	Rockwell	Tipo:	B																																				
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18																																						
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in																																						
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min																																				
RESULTADOS:																																							
																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Grupo C</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Huella N°</th> <th rowspan="2">Zona de barrido</th> <th colspan="2">Dureza</th> </tr> <tr> <th>HRB</th> <th>Brinell HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MA</td> <td>80.7</td> <td>187</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MA</td> <td>85.1</td> <td>174</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MA</td> <td>83.1</td> <td>188</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MA</td> <td>82.4</td> <td>177</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MA</td> <td>77.9</td> <td>169</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Promedio</td> <td>81.84</td> <td>179</td> </tr> </tbody> </table>						Grupo C				Huella N°	Zona de barrido	Dureza		HRB	Brinell HB	1	MA	80.7	187	2	MA	85.1	174	3	MA	83.1	188	4	MA	82.4	177	5	MA	77.9	169	Promedio		81.84	179
Grupo C																																							
Huella N°	Zona de barrido	Dureza																																					
		HRB	Brinell HB																																				
1	MA	80.7	187																																				
2	MA	85.1	174																																				
3	MA	83.1	188																																				
4	MA	82.4	177																																				
5	MA	77.9	169																																				
Promedio		81.84	179																																				
OBSERVACIONES:																																							




4.1.12.4 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo D

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																			
																																							
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA				ED.D.1																																			
DATOS INFORMATIVOS																																							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1																																				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales																																				
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017																																				
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C																																				
PARÁMETROS DEL ENSAYO																																							
Método:	Rockwell	Tipo:	B																																				
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18																																						
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in																																						
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min																																				
RESULTADOS:																																							
																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Grupo D</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Huella N°</th> <th rowspan="2">Zona de barrido</th> <th colspan="2">Dureza</th> </tr> <tr> <th>HRB</th> <th>Brinell HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MA</td> <td>87.9</td> <td>183</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MA</td> <td>86.3</td> <td>178</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MA</td> <td>82.8</td> <td>184</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MA</td> <td>89.7</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MA</td> <td>88.2</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio</td> <td>86.98</td> <td>182</td> </tr> </tbody> </table>						Grupo D				Huella N°	Zona de barrido	Dureza		HRB	Brinell HB	1	MA	87.9	183	2	MA	86.3	178	3	MA	82.8	184	4	MA	89.7	180	5	MA	88.2	185	Promedio		86.98	182
Grupo D																																							
Huella N°	Zona de barrido	Dureza																																					
		HRB	Brinell HB																																				
1	MA	87.9	183																																				
2	MA	86.3	178																																				
3	MA	82.8	184																																				
4	MA	89.7	180																																				
5	MA	88.2	185																																				
Promedio		86.98	182																																				
OBSERVACIONES:																																							




4.1.12.5 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo E

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																			
																																							
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA				ED.E.1																																			
DATOS INFORMATIVOS																																							
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1																																				
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales																																				
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017																																				
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C																																				
PARÁMETROS DEL ENSAYO																																							
Método:	Rockwell	Tipo:	B																																				
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18																																						
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in																																						
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min																																				
RESULTADOS:																																							
																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Grupo E</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Huella N°</th> <th rowspan="2">Zona de barrido</th> <th colspan="2">Dureza</th> </tr> <tr> <th>HRB</th> <th>Brinell HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MA</td> <td>89.2</td> <td>199</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MA</td> <td>94.6</td> <td>187</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MA</td> <td>88.9</td> <td>188</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MA</td> <td>87.4</td> <td>191</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MA</td> <td>86.7</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio</td> <td>89.36</td> <td>190</td> </tr> </tbody> </table>						Grupo E				Huella N°	Zona de barrido	Dureza		HRB	Brinell HB	1	MA	89.2	199	2	MA	94.6	187	3	MA	88.9	188	4	MA	87.4	191	5	MA	86.7	185	Promedio		89.36	190
Grupo E																																							
Huella N°	Zona de barrido	Dureza																																					
		HRB	Brinell HB																																				
1	MA	89.2	199																																				
2	MA	94.6	187																																				
3	MA	88.9	188																																				
4	MA	87.4	191																																				
5	MA	86.7	185																																				
Promedio		89.36	190																																				
OBSERVACIONES:																																							




4.1.12.6 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo F

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA			ED.F.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Método:	Rockwell	Tipo:	B
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18		
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in		
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min
RESULTADOS:			
			
Grupo F			
Huella N°	Zona de barrido	Dureza	
		HRB	Brinell HB
1	MA	90.8	157
2	MA	90.7	173
3	MA	87	181
4	MA	88.6	176
5	MA	85.2	165
Promedio		88.46	170.4
OBSERVACIONES:			

4.1.12.7 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo G



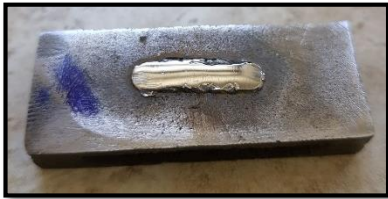

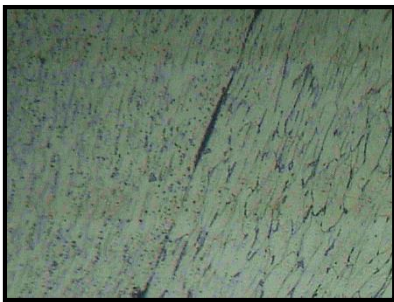
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA			ED.G.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Método:	Rockwell	Tipo:	B
Norma:	AWS B4.0, ASTM E 18		
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in		
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min
RESULTADOS:			
			
Grupo G			
Huella N°	Zona de barrido	Dureza	
		HRB	Brinell HB
1	MA	75.5	154
2	MA	89.9	181
3	MA	86	173
4	MA	77.2	188
5	MA	88.4	184
Promedio		83.4	176
OBSERVACIONES:			

4.1.12.8 Fichas de reporte ensayos de dureza con variable tipo H




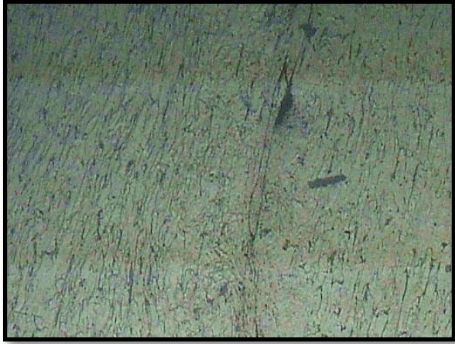
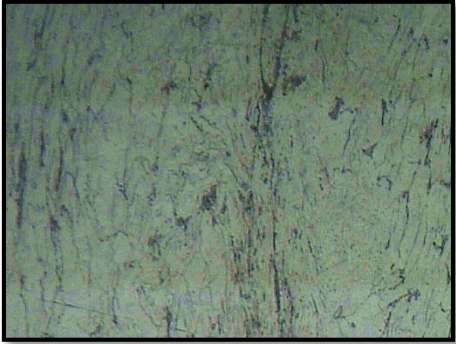
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO DE DUREZA			ED.H.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Lugar:		Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Durómetro	Temperatura:	21°C
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Método:	Rockwell	Tipo:	B
Norma:	AWS B4.0, ASTM E18		
Tipo de penetrador:	Esfera de acero de 1/16" in		
Carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	40 min
RESULTADOS:			
			
Grupo H			
Huella N°	Zona de barrido	Dureza	
		HRB	Brinell HB
1	MA	84.3	173
2	MA	87.6	177
3	MA	91.9	174
4	MA	86.2	185
5	MA	88.8	181
Promedio		87.76	178
OBSERVACIONES:			

4.1.13 Análisis de probetas sometidas a ensayo metalográfico en hierro fundido gris por proceso de soldadura en frío y costura mecánica.




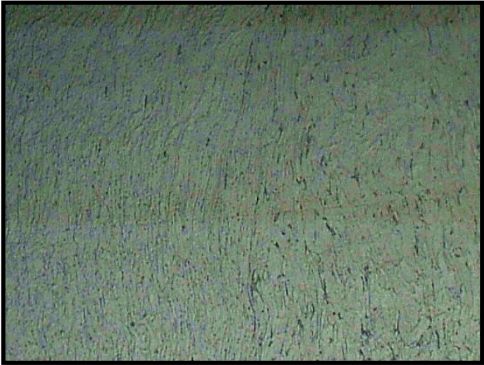
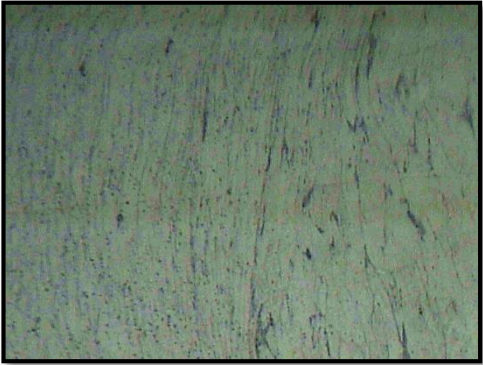
4.1.13.1 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo A

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO			EM.A.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Microscopio Electrónico		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico		
Tiempo de ataque:	20 seg	Temperatura:	22 °C
Ataque químico:	Nital 4	Metal de aporte:	Acero ASTM A307
RESULTADOS:			
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío			
			
			
Soldadura en frío Grupo A 100X, Nital 4%, 20 seg		Soldadura en frío Grupo A 200X, Nital 4%, 40 seg	
OBSERVACIONES:			
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (Acero ASTM A307).</p>			



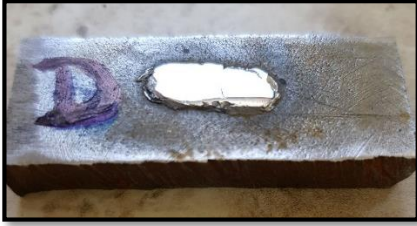

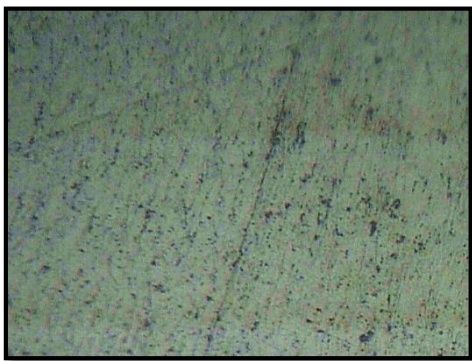
4.1.13.2 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO		EM.B.1	
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Microscopio Electrónico		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico		
Tiempo de ataque:	20 seg	Temperatura:	22 °C
Ataque químico:	Nital 4	Metal de aporte:	Acero ASTM A307
RESULTADOS:			
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío			
			
			
Soldadura en frío Grupo B 100X, Nital 4%, 20 seg		Soldadura en frío Grupo B 200X, Nital 4%, 20 seg	
OBSERVACIONES:			
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (Acero ASTM A307).</p>			






4.1.13.3 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO			EM.C.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Microscopio Electrónico		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico		
Tiempo de ataque:	20 seg	Temperatura:	22 °C
Ataque químico:	Nital 4	Metal de aporte:	Acero ASTM A307
RESULTADOS:			
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío			
			
 			
Soldadura en frío Grupo C 100X, Nital 4%, 20 seg		Soldadura en frío Grupo C 200X, Nital 4%, 20 seg	
OBSERVACIONES:			
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (Acero ASTM A307).</p>			





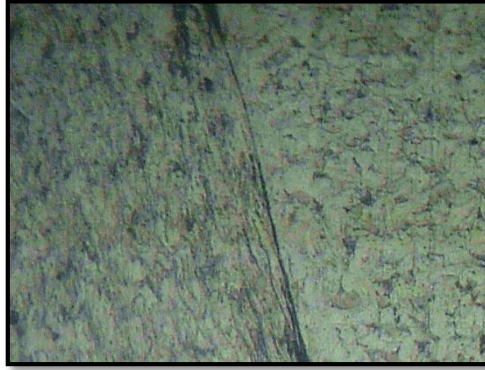
4.1.13.4 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo D

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO				EM.D.1	
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Microscopio Electrónico				
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407		
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico				
Tiempo de ataque:	20 seg	Temperatura:	22 °C		
Ataque químico:	Nital 4	Metal de aporte:	Acero ASTM A307		
RESULTADOS:					
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío					
					
 					
Soldadura en frío Grupo D 100X, Nital 4%, 20 seg			Soldadura en frío Grupo D 200X, Nital 4%, 20 seg		
OBSERVACIONES:					
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (Acero ASTM A307).</p>					






4.1.13.5 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo E

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRÁFICO			EM.E.1
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017
Máquina:	Microscopio Electrónico		
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico		
Tiempo de ataque:	40 seg	Temperatura:	22 °C
Ataque químico:	VILELLA	Metal de aporte:	Acero Inoxidable
RESULTADOS:			
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío			
			
			
Soldadura en frío Grupo E 100X, Vilella, 40 seg		Soldadura en frío Grupo E 200X, Vilella, 40 seg	
OBSERVACIONES:			
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (acero inoxidable AISI 304).</p>			




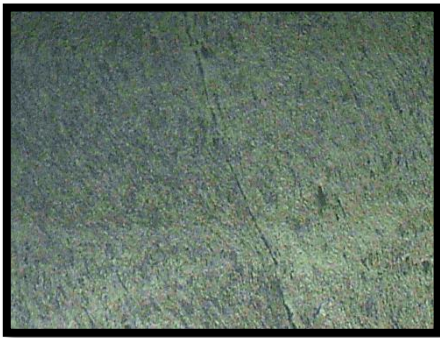
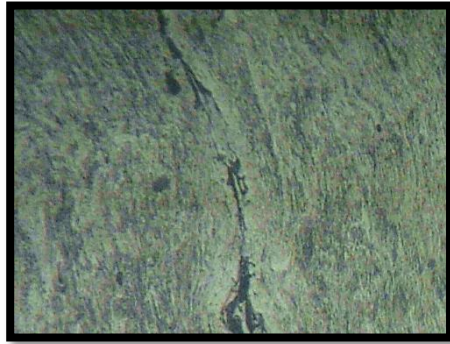
4.1.13.6 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo F

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRAFICO				EM.F.1	
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Microscopio Electrónico				
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407		
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico				
Tiempo de ataque:	40 seg	Temperatura:	22 °C		
Ataque químico:	VILELLA	Metal de aporte:	Acero Inoxidable		
RESULTADOS:					
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío					
					
 					
Soldadura en frío Grupo F 100X, Vilella, 40 seg			Soldadura en frío Grupo F 200X, Vilella, 40 seg		
OBSERVACIONES:					
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (acero inoxidable AISI 304).</p>					

4.1.13.7 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo G

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
		FICHA DE ENSAYO METALOGRÁFICO			
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Microscopio Electrónico				
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407		
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico				
Tiempo de ataque:	40 seg	Temperatura:	22 °C		
Ataque químico:	VILELLA	Metal de aporte:	Acero Inoxidable		
RESULTADOS:					
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío					
					
 					
Soldadura en frío Grupo G 100X, Vilella, 40 seg			Soldadura en frío Grupo G 200X, Vilella, 40 seg		
OBSERVACIONES:					
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (acero inoxidable AISI 304).</p>					

4.1.13.8 Fichas de reporte ensayo metalográfico con variable tipo H

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE ENSAYO METALOGRÁFICO				EM.H.1	
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	N° de probeta:	1		
Supervisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Realizado por:	Christian Morales		
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución:	17/08/2017		
Máquina:	Microscopio Electrónico				
Lugar:	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"				
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
Norma de referencia:	ASTM	Designación:	E 407		
Acondicionamiento a la superficie:	Pulido Mecánico				
Tiempo de ataque:	40 seg	Temperatura:	22 °C		
Ataque químico:	VILELLA	Metal de aporte:	Acero Inoxidable		
RESULTADOS:					
Zona analizada, Metal de aporte soldadura en frío					
					
					
					
Soldadura en frío Grupo H 100X, Vilella, 40 seg			Soldadura en frío Grupo H 200X, Vilella, 40 seg		
OBSERVACIONES:					
<p>El análisis metalográfico determina, que en el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles (acero inoxidable AISI 304).</p>					

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados estadísticos con la información recolectada clasificándolos en una forma ordenada para su análisis y obtención del mejor proceso de soldadura en frío y costura mecánica para sustentar la hipótesis establecida.

4.2.1 Interpretación de resultados en ensayos a tracción

Por medio del ensayo a tracción se obtuvo información respecto al comportamiento y propiedades mecánicas adquiridas en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica, mediante la máquina de ensayos universal se aplica una fuerza longitudinal de tracción en una probeta plana normalizada mediante la norma AWS B4.0, cada grupo de probetas con sus diferentes variables ensayadas mediante el proceso de la norma ASTM E8 contando con un avance de 10mm/min, una longitud calibrada de 50mm, precarga de 5000N y una máquina de 50KN de capacidad, los resultados obtenidos en esta investigación se muestran en las tablas 14 a la tabla 21.

Tabla 14. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo A

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	29300.1	96.74	3.16	3.06
2	41550	145.87	3.93	3.79
3	44500	141.86	3.14	3.05
4	32450.01	111.05	4.7	4.49
5	35750	115.2	5.26	5
Promedio	36720	122.14	4.04	3.88

Fuente: El autor

Tabla 15. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo B

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	23650	74.69	3.58	3.45
2	29200.01	90.42	3.28	3.18
3	26250.01	90.47	3.26	3.16
4	36000	119.57	4.22	4.05
5	32450.01	115.91	3.47	3.36
Promedio	29510.01	98.21	3.56	3.44

Fuente: El autor

Tabla 16. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo C

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	48600	168.64	4.58	4.38
2	38800	627.84	3.63	3.5
3	25800.01	89.79	3	2.91
4	44500	139.64	4.7	4.49
5	34800	116.53	3.63	3.5
Promedio	38500	128.49	3.91	3.76

Fuente: El autor

Tabla 17. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo D

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	24850	76.45	3.3	3.19
2	38000	126.7	3.84	3.69
3	33150	110.63	3.18	3.08
4	30550.01	102.16	3.97	3.82
5	22050	81.95	3.58	3.45
Promedio	29720	99.58	3.57	3.45

Fuente: El autor

Tabla 18. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo E

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	48050	152.29	4.69	4.48
2	35550	109.48	4.18	4.02
3	40950	143.6	4.2	4.03
4	44300	140.98	3.7	3.57
5	47950	166.17	4.36	4.18
Promedio	43360	142.5	4.23	4.05

Fuente: El autor

Tabla 19. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo F

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	39400	132.43	3.42	3.31
2	34650	107.43	3.92	3.78
3	30200.01	97.69	3.44	3.32
4	34050	99.42	4.11	3.95
5	46800	144.39	3.96	3.81
Promedio	37020	116.27	3.77	3.63

Fuente: El autor

Tabla 20. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo G

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	44100	143.39	4.65	4.45
2	40600	130.55	3.8	3.66
3	29950.01	102.37	3.87	3.73
4	34700	114.29	3.3	3.19
5	21450	72.95	2.74	2.67
Promedio	34160	112.71	3.67	3.54

Fuente: El autor

Tabla 21. Resultados de probetas ensayadas a tracción con variable tipo H

Probetas	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
1	26450.01	86.98	4.17	4
2	47500	152.1	4.17	4
3	20400	66.43	2.55	2.49
4	29700.01	93.61	3.73	3.6
5	34250	105.06	3.49	3.37
Promedio	31660	100.84	3.62	3.49

Fuente: El autor

Con los datos estadísticos de cada uno de los grupos se procede a tomar el promedio de los valores obtenidos en cada una de las variables como se muestra en la tabla 22:

Tabla 22. Resultados promedio de probetas ensayadas a tracción de cada uno de los grupos

Grupo	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %
A	36720	122.14	4.04	3.88
B	29510	98.21	3.56	3.44
C	38500	128.49	3.91	3.76
D	29720	99.58	3.57	3.45
E	43360	142.50	4.23	4.05
F	37020	116.27	3.77	3.63
G	34160	112.71	3.67	3.54
H	31660	100.84	3.62	3.49

Fuente: El autor

Con los valores promedios de cada uno de los grupos tabulados, procedemos a realizar gráficas obteniendo un análisis comparativo de que variante tiene un mejor comportamiento mecánico en cuanto a las propiedades del proceso de soldadura en frío y costura mecánica en probetas de hierro fundido gris clase 30.

➤ **Fuerza de rotura [N]**

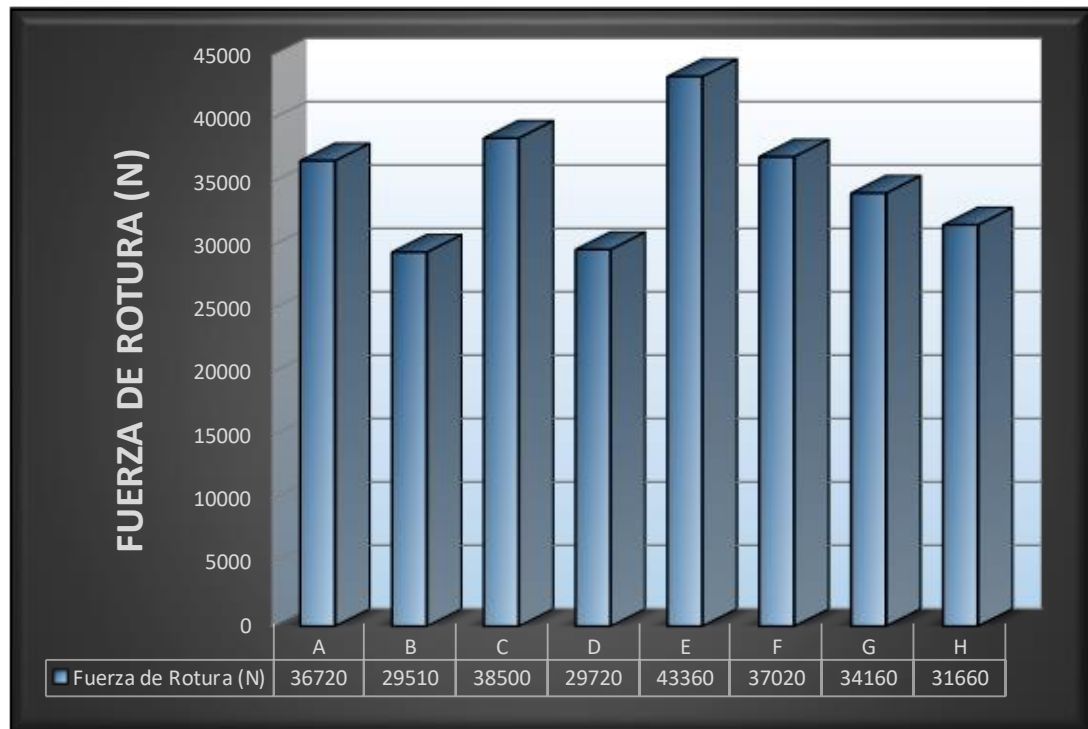


FIGURA 13. Fuerza de rotura y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 13, muestra cada uno de los grupos y la fuerza de rotura aplicada en los ensayos a tracción dando como resultado que el grupo E es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de fuerza de rotura de 43360 [N], con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo B dando un valor de fuerza de rotura de 29510 [N] con una configuración de tornillos de acero ASTM A307 con diámetro 5/32' y sección de perforación solapado. También se determina que las configuraciones de los pernos en un sistema a tope nos dan los valores de fuerza de rotura más altos como son los grupos E, C, A y G respectivamente, mientras que mediante una configuración de pernos solapados nos dan los valores más bajos de fuerza de rotura que son los grupos B, D, H y F.

➤ **Resistencia de rotura [MPa]**

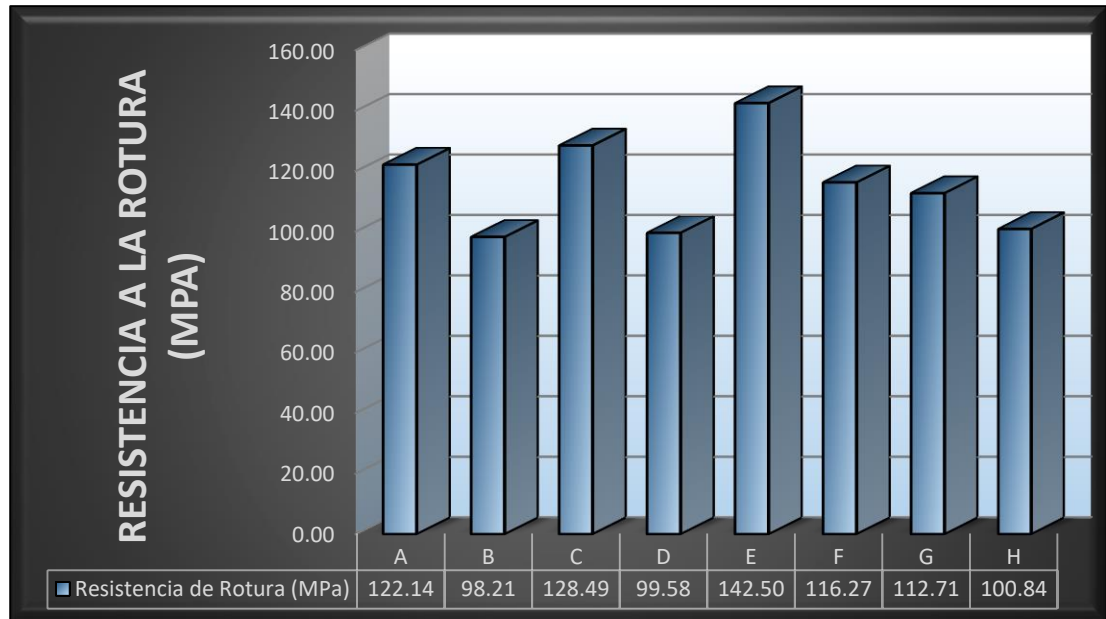


FIGURA 14. Resistencia a la rotura y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 14, muestra cada uno de los grupos y la resistencia a la rotura aplicada en los ensayos a tracción dando como resultado que el grupo E, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de resistencia a la rotura de 142.5 [MPa] con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo B dando un valor de resistencia a la rotura de 98.21 [MPa] con una configuración de tornillos de acero ASTM A307 con diámetro 5/32' y sección de perforación solapado. También se determina que las configuraciones de los pernos en un sistema a tope nos dan los valores de resistencia a la rotura más altos como son los grupos E, C, A y G respectivamente, mientras que mediante una configuración de pernos solapados nos dan los valores más bajos de resistencia a la rotura que son los grupos B, D, H y F. Comparándolo con el material base, mediante los ensayos realizados en la investigación para la caracterización del mismo tenemos que el hierro fundido gris clase 30 posee un valor promedio de resistencia a la rotura de 196.44 [MPa] y el valor de resistencia a la rotura del grupo E es de 142.5 [MPa] lo que representa que la resistencia a la rotura mediante el proceso disminuye en un 27.45%.

➤ **Elongación [%]**

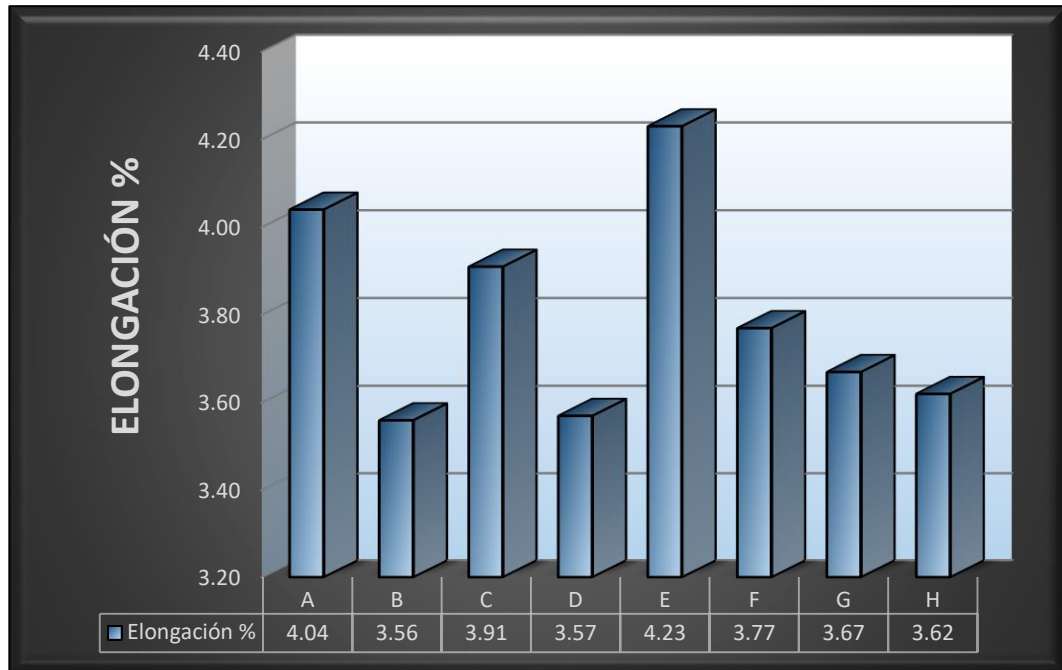


FIGURA 15. Elongación y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 15, muestra cada uno de los grupos y el porcentaje de elongación producidos en los ensayos a tracción dando como resultado que el grupo E, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de porcentaje de elongación de 4.23 % con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo B, dando un porcentaje de elongación de 3.56 % con una configuración de tornillos de acero ASTM A307 con diámetro 5/32' y sección de perforación solapado. También se determina que las configuraciones de los pernos en un sistema a tope nos dan los valores de porcentaje de elongación más altos como son los grupos E, C, A y G respectivamente, mientras que mediante una configuración de pernos solapados nos dan los valores más bajos de porcentaje de elongación que son los grupos B, D, H y F.

➤ **Reducción de área [%]**

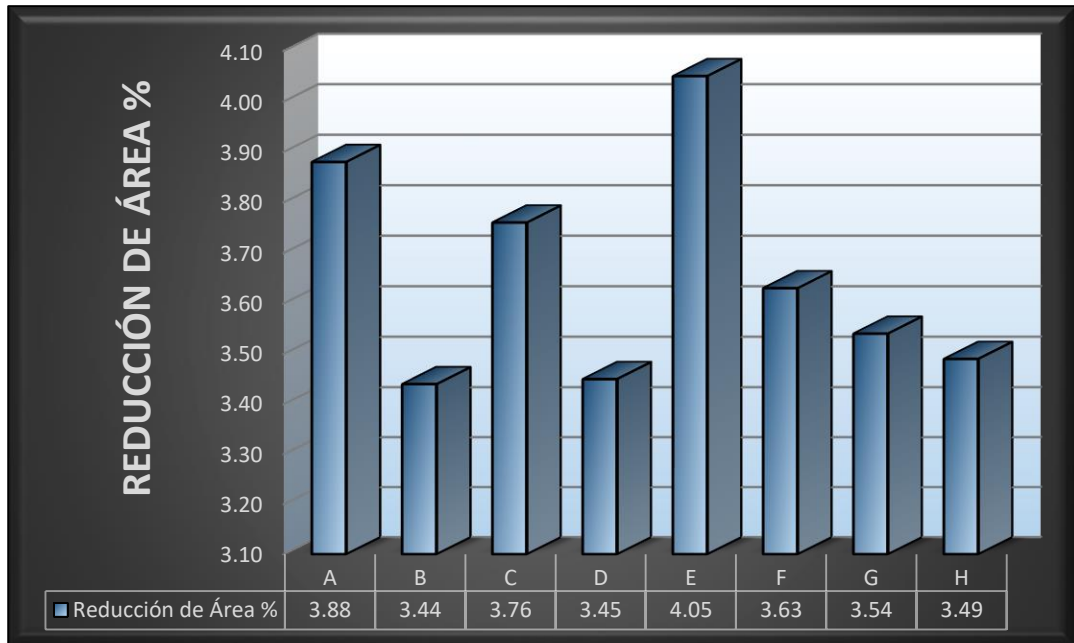


FIGURA 16. Reducción de área y grupos de variables. Autor

Fuente: El autor

La figura 16, muestra cada uno de los grupos y el porcentaje de reducción de área producidos en los ensayos a tracción dando como resultado que el grupo E es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de porcentaje de reducción de área de 4.23 % con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo B dando un porcentaje de reducción de área de 3.56 % con una configuración de tornillos de acero ASTM A307 con diámetro 5/32' y sección de perforación solapado. También se determina que las configuraciones de los pernos en un sistema a tope nos dan los valores de reducción de área más altos como son los grupos E, C, A y G respectivamente, mientras que mediante una configuración de pernos solapados nos dan los valores más bajos de reducción de área que son los grupos B, D, H y F.

4.2.2 Interpretación de resultados en ensayos a impacto

Por medio del ensayo a impacto se obtuvo información respecto a la tenacidad y capacidad adquirida en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica para absorber cargas instantáneas obteniendo así la resistencia del material al impacto mediante la máquina de ensayos Charpy, la que aplica una fuerza transversal de carga en una probeta normalizada mediante la norma AWS B4.0, cada grupo de probetas con sus diferentes variables ensayadas mediante el proceso de la norma ASTM E 23 contando con una máxima velocidad de impacto de 5.42 m/s y una energía utilizada de 450 J.

Para el análisis de resultados se utilizó los valores promedios obtenidos en esta investigación que se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Resultados promedio de probetas ensayadas a impacto de cada uno de los grupos

Grupo	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/cm ²)	Cizallamiento %	Fractura
A	1.63	2.01	100.00	SI
B	1.63	2.06	100.00	SI
C	1.63	1.98	100.00	SI
D	1.78	2.2	100.00	SI
E	1.63	1.99	100.00	SI
F	1.48	1.88	100.00	SI
G	1.18	1.5	100.00	SI
H	1.48	2.01	100.00	SI

Fuente: El autor

La tabla 23, muestra los valores promedios de cada uno de los grupos tabulados, procedemos a realizar gráficas obteniendo un análisis comparativo de cuál de las variantes tiene un mejor comportamiento mecánico en cuanto a las propiedades del proceso de soldadura en frío y costura mecánica en probetas de hierro fundido gris clase 30.

➤ **Energía absorbida (J)**

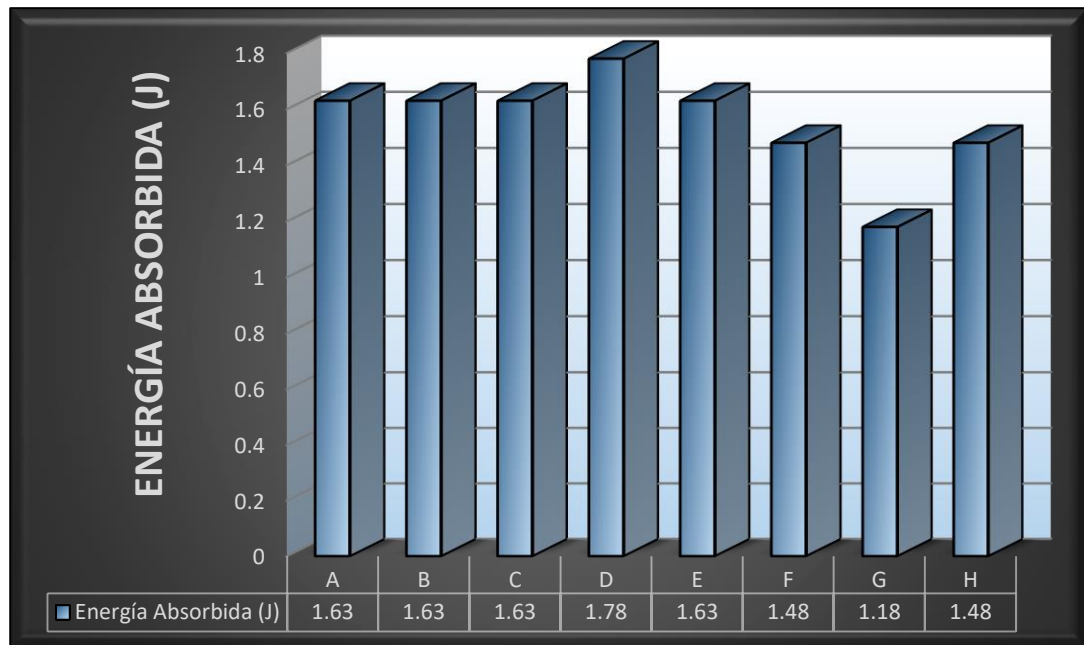


FIGURA 17. Energía absorbida y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 17, muestra cada uno de los grupos y valores de energía absorbida producidos en los ensayos a impacto dando como resultado que el grupo D, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de energía absorbida de 1.78 [J] con una configuración de tornillos en acero ASTM A307 con diámetro 1/4' y sección de perforación solapada, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo G, dando un valor de energía absorbida de 1.18 [J] con una configuración de tornillos de acero inoxidable AISI 304 con diámetro 1/4' y sección de perforación a tope.

Sin embargo, se determina que los valores de los 8 grupos tienen un rango similar con una ruptura tipo frágil, lo que podría generalizar que mediante este proceso las propiedades mecánicas adquiridas en ensayo de impacto se mantienen respecto al material base ya que el valor de energía absorbida en el hierro fundido gris clase 30 para caracterización del material nos da un valor promedio de 1.93 [J], mientras que el grupo D, da un valor de 1.78 [J] con un 7.7% menor del valor del material base.

➤ **Resistencia al Impacto [J/cm²]**

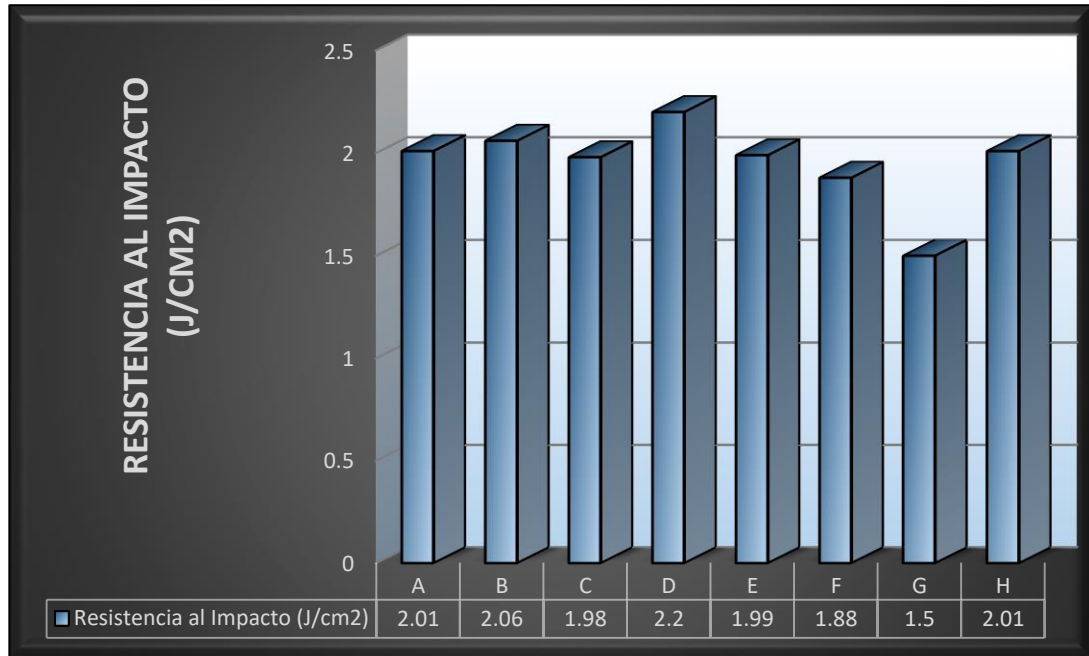


FIGURA 18. Energía absorbida y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 18, muestra cada uno de los grupos y valores de resistencia al impacto producidos en los ensayos dando como resultado que el grupo D, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de resistencia al impacto de $2.2 \left[\frac{J}{cm^2} \right]$ con una configuración de tornillos en acero ASTM A307 con diámetro 1/4' y sección de perforación solapada, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo G, dando un valor de resistencia al impacto de $1.5 \left[\frac{J}{cm^2} \right]$ con una configuración de tornillos de acero inoxidable AISI 304 con diámetro 1/4' y sección de perforación a tope. Sin embargo, se determina que los valores de los 8 grupos, tienen un rango similar con una ruptura tipo frágil, lo que podría generalizar que mediante este proceso las propiedades mecánicas adquiridas en ensayo de impacto se mantienen respecto al material base ya que el valor de resistencia al impacto en el hierro fundido gris clase 30 para caracterización del material nos da un valor promedio de $2.44 \left[\frac{J}{cm^2} \right]$ mientras que el grupo G, da un valor de $2.2 \left[\frac{J}{cm^2} \right]$ con un 9.8% menor del valor del material base.

4.2.3 Interpretación de resultados en ensayos de dureza

Al ser un proceso de soldadura en frío el material base no sufre un cambio en sus propiedades de dureza sin embargo por motivos de investigación se realiza un análisis por medio del ensayo de dureza en, el que la única variante de valor se dará en la zona en la que se encuentra el tornillo por el proceso de soldadura en frío, obteniendo así información en el material de aporte, en el que se analizó la dureza en el cordón de soldadura aplicada en cada grupo de probetas con sus diferentes variables, para el análisis de resultados se utilizó los valores promedios obtenidos en esta investigación que se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Resultados promedio en probetas de ensayos de dureza de cada uno de los grupos

Grupo	Dureza	
	HRB	Brinell HB
A	80.68	173
B	85.04	178
C	81.84	179
D	86.98	182
E	89.36	190
F	88.46	170
G	83.4	176
H	87.76	178

Fuente: El autor

La tabla 24, muestra los valores promedios de cada uno de los grupos tabulados, procedemos a realizar gráficas obteniendo un análisis comparativo de cuál de las variantes tiene un mejor comportamiento mecánico en cuanto a las propiedades del proceso de soldadura en frío y costura mecánica en probetas de hierro fundido gris clase 30.

➤ **Dureza Rockwell B (HRB)**

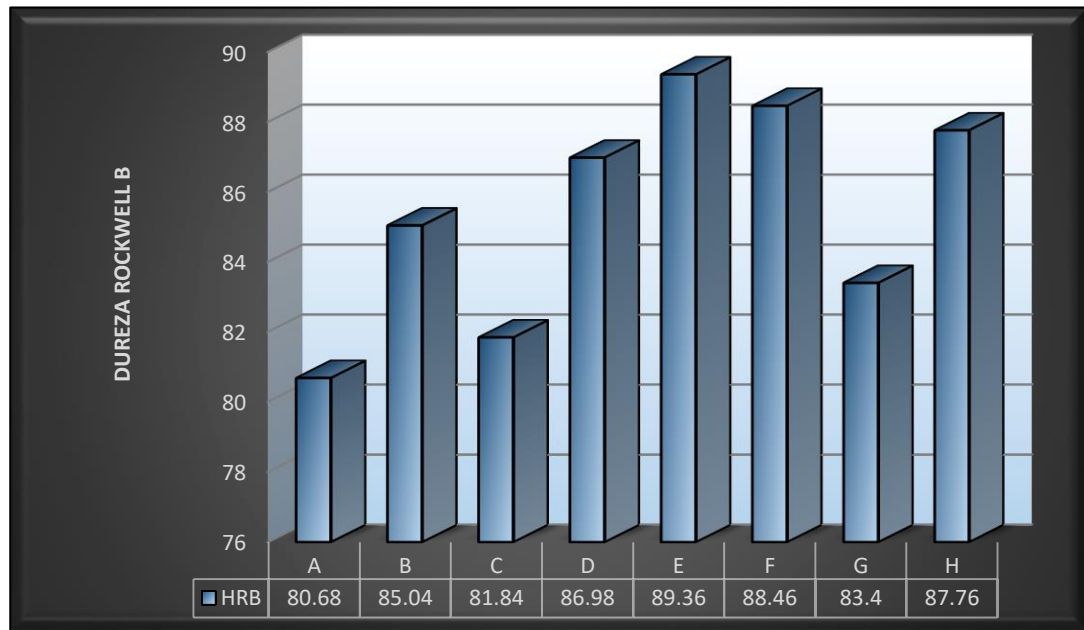


FIGURA 19. Dureza Rockwell B y grupos de variables.

Fuente: El autor

La figura 19, muestra cada uno de los grupos y valores de dureza producidos en los ensayos de dureza dando como resultado que el grupo E, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de 89.36 HRB con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32" y sección de perforación solapada, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo A, dando un valor de 80.68 HRB con una configuración de tornillos en acero ASTM A307 con diámetro 5/32" y sección de perforación a tope.

➤ **Dureza Brinell (HB)**

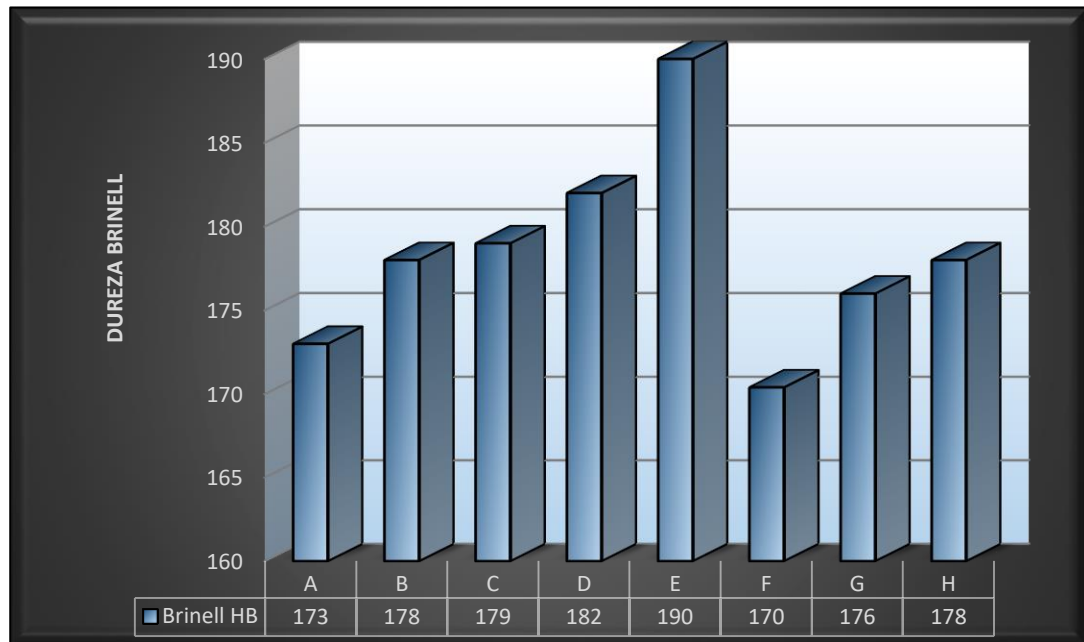


FIGURA 20. Dureza Brinell y grupos de variables.

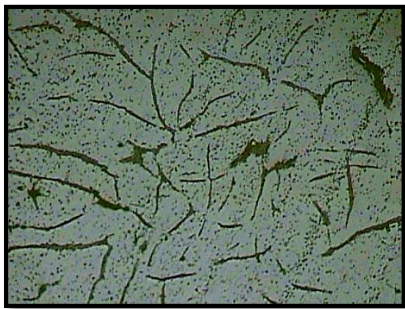
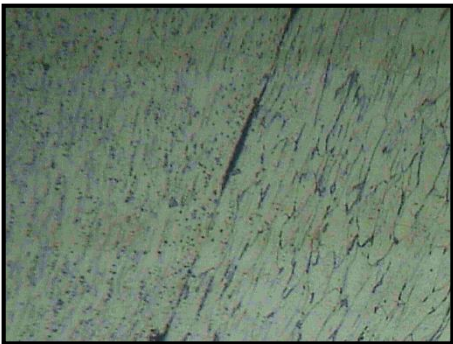
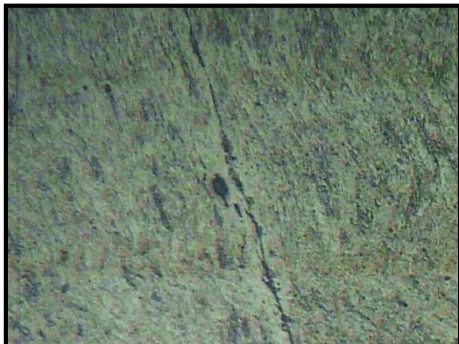
Fuente: El autor

La figura 20, muestra cada uno de los grupos y valores de dureza producidos en los ensayos de dureza dando como resultado que el grupo E, es el primero en mostrar un mejor comportamiento al dar un valor de 190 HB con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación solapada, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo F, dando un valor de 170 HB con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 1/4' y sección de perforación solapado.

4.2.4 Interpretación de resultados metalográficos

Al ser un proceso de soldadura en frío el material base no sufre ningún cambio en su microestructura por lo que mantiene sus características tanto químicas como metalográficas, su cambio únicamente se dará en la zona en la que se encuentra el tornillo por el proceso de costura mecánica y soldadura en frío en el que se encontrarán las dos variables de material utilizado que es acero ASTM A307 y acero inoxidable.

Tabla 25. Análisis de ensayo metalográfico

ANÁLISIS METALGRÁFICO	
Material Base con proceso de soldadura en frío y costura mecánica 100X	
	
Soldadura en frío y costura mecánica	
Acero ASTM A307 100X	Acero Inoxidable AISI 304 100X
	

Fuente: El autor

La interpretación de resultados mediante el análisis realizado concluye que el material base mantiene sus propiedades metalográficas y mecánicas al no sufrir ningún proceso de fusión, mientras que en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica existe

unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles, al ser una soldadura en estado sólido se presenta una unión metalúrgica en zonas aleatorias de las superficies en empalme.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis

Por medio del análisis de soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris se determinará un proceso adecuado para la reconstrucción de un block.

Comprobación

Una vez realizado el análisis de soldadura en frío y costura mecánica para hierro fundido gris se determinó las diferentes propiedades mecánicas adquiridas con cada una de las variables establecidas.

Se inició la investigación cuantificando las propiedades mecánicas y químicas del material base empezando por un análisis metalográfico determinando así el tipo de hierro fundido gris del material, siendo este una clase 30 con una distribución de grafito tipo A laminar de configuración aleatoria, su composición química realizada en base a un análisis espectrométrico está detallado en la investigación. Sus propiedades mecánicas determinadas en base a ensayos de tracción, impacto y dureza.

Mediante estos resultados en el material base, se tiene un referente haciendo una comparación con los resultados obtenidos en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica.

Para el análisis del proceso de soldadura en frío y costura mecánica se cuantificó en primer lugar los resultados obtenidos en ensayo a tracción mediante probetas normalizadas AWS B4.0 y ASTM E 8, así también se determinó sus propiedades de resistencia al impacto por medio de la norma ASTM E 23 y dureza obtenida en el proceso mediante la norma ASTM E 18.

Los resultados obtenidos en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica nos muestran cuál de las variables tienen un mejor comportamiento evaluando así un proceso adecuado para la reconstrucción de un block.

Determinación del proceso adecuado para la reconstrucción de un block

Los resultados obtenidos en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica nos muestran el comportamiento de cada una de las variables, estas serán evaluadas por medio del método T-Student para dos muestras diferentes, determinando así un proceso adecuado mediante los resultados de análisis a tracción, estableciendo los siguientes parámetros:

Para tracción

- Hipótesis alternativa (H_a)

Se obtendrá el proceso adecuado para la reconstrucción de un block mediante los resultados de ensayos a tracción del proceso de soldadura en frío y costura mecánica, en las probetas fabricadas con una configuración de costura mecánica solapado, que en las probetas fabricadas con una configuración de costura mecánica a tope.

- Hipótesis nula (H_0)

No se obtendrá el proceso adecuado para la reconstrucción de un block mediante los resultados de ensayos a tracción del proceso de soldadura en frío y costura mecánica, en las probetas fabricadas con una configuración de costura mecánica solapado, que en las probetas fabricadas con una configuración de costura mecánica a tope.

- Margen de error (α)

$\alpha = 0.05$ (Para proyectos de investigación)

- Evidencia muestral

Como podemos observar en la tabla 26, se muestra cada uno de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción en el proceso de soldadura en frío y costura mecánica en cada uno de los grupos siendo estos los siguientes:

Grupo B, D, F y H de probetas elaboradas con una configuración de costura mecánica solapado, grupo A, C, E y G con una configuración de costura mecánica a tope.

Tabla 26. Resultados de ensayos a tracción

Grupos	Configuración en Proceso de Costura Mecánica	
	Solapado (Mpa)	Tope (MPa)
B	98.21	
D	99.58	
F	116.27	
H	100.84	
A		122.14
C		128.49
E		142.5
G		112.71
Media aritmética	103.725	126.46

Fuente: El autor

X : Resultados de los ensayos a tracción, en proceso de costura mecánica con configuración solapado.

\bar{X} : Media aritmética de X

Y : Resultados de los ensayos a tracción, en proceso de costura mecánica con configuración a tope.

\bar{Y} : Media aritmética de Y .

Para calcular la desviación estándar para la muestra X , se utilizó la ecuación 4.1.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad EC.4.1$$

Donde:

S_x : Desviación estándar de X

n : Tamaño de muestra de X

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4-1} (2280.8174)}$$

$$S_x = 27.57$$

Para calcular la desviación estándar para la muestra Y, se utilizó la ecuación 4.2.

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad EC. 4.2$$

Donde:

S_y : Desviación estándar de Y

m : Tamaño de muestra de Y

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{4-1} (469.1274)}$$

$$S_y = 12.51$$

- Aplicación de la distribución t de Student, para obtener el valor de estadístico calculando por medio de la ecuación 4.3.

$$t_c = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2}} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad EC. 4.3$$

Donde:

t_c : Valor de estadístico

$$t_c = \frac{103.725 - 126.46}{\sqrt{\frac{(4-1)706.11 + (4-1)156.5}{4+4-2}} \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}}$$

$$t_c = -1.5481$$

La regla de decisión es: aceptar H_0 si, $t_c < t_\alpha$

Donde

t_α : Valor crítico obtenido en la tabla t Student, mostrado en la figura 18.

- Grados de libertad

Para el cálculo de grados de libertad se utilizó la ecuación 4.4.

$$gl = n + m - 2 \tag{EC.4.3}$$

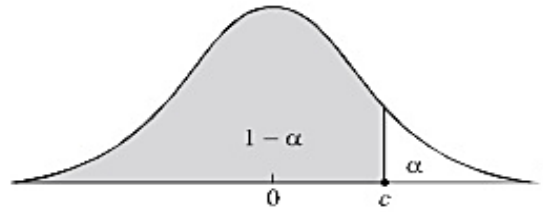
Donde

gl : Grados de libertad.

$$gl = 4 + 4 - 2$$

$$gl = 6$$

- Obtener el valor crítico en la tabla t Student



	$1 - \alpha$							
r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947

FIGURA 21. Distribución t-Student [14].

$$t_{\alpha} = 1.943$$

- **Resultado**

$$t_c < t_{\alpha}$$

$$-1.5481 < 1.943$$

Al comprobar que t_c es menor que t_{α} , se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta a hipótesis nula, de manera que el proceso adecuado para la reconstrucción de un block se encuentra en el proceso de costura mecánica con una configuración a tope.

A continuación, se muestra un análisis de las propiedades mecánicas en el grupo de soldadura en frío y costura mecánica con configuración a tope, determinando el grupo con el mejor comportamiento de las 4 variables obteniendo el proceso adecuado para la reconstrucción de un block:

Tabla 27. Propiedades mecánicas de los grupos configurados a tope

SOLDADURA EN FRÍO Y COSTURA MECÁNICA CON CONFIGURACIÓN A TOPE						
GRUPOS	Fuerza de Rotura (N)	Resistencia a la Rotura (MPa)	Elongación %	Reducción de Área %	Energía absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/cm ²)
A	36720	122.14	4.04	3.88	1.63	2.01
C	38500	128.49	3.91	3.76	1.63	1.98
E	43360	142.5	4.23	4.05	1.63	1.99
G	34160	112.71	3.67	3.54	1.18	1.5

Fuente: El autor

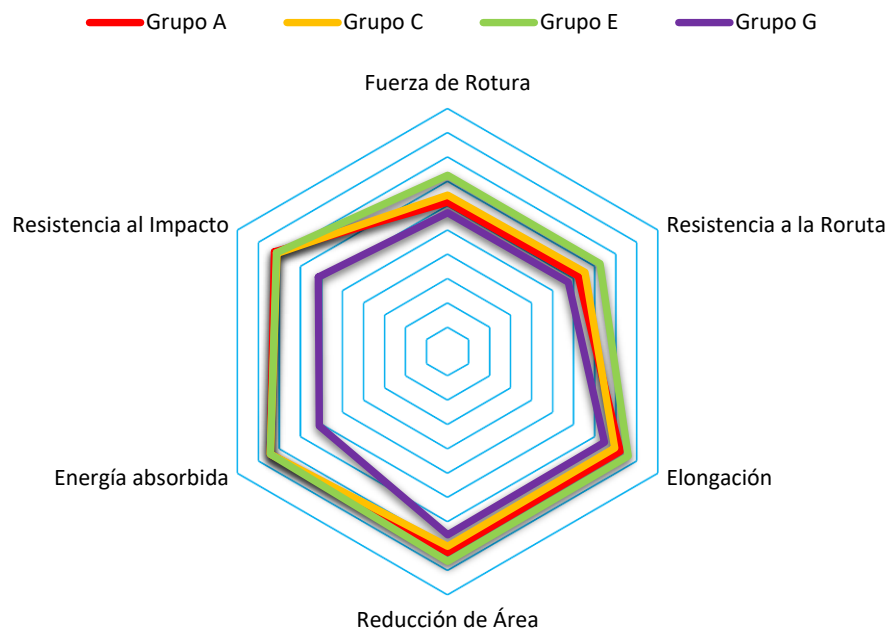


FIGURA 22. Diagrama de araña de los grupos configurados a tope.

Fuente: El autor

Como podemos observar en la tabla 27, el grupo E muestra un mejor comportamiento al tener los valores más altos en todos los resultados de los ensayos mecánicos, en cuanto a la energía absorbida se puede apreciar una igualdad de valores en los resultados de los ensayos de impacto, lo que muestra que cualquiera de las 3 configuraciones sea A, C o E resulta apropiada para realizar un proceso en los que solo se involucre energías transversales a la soldadura en frío y costura mecánica.

El grupo E, es seleccionado como el proceso más adecuado para la reconstrucción del block teniendo la siguiente configuración:

Material de tornillo: Acero inoxidable AISI 304






Diámetro de tornillo: 5/32'

Distancia (costura mecánica): Tope

El grupo E con estas configuraciones muestra el mejor comportamiento ante fuerzas longitudinales como en los ensayos a tracción y transversales como el ensayo de impacto procediendo a aplicar este procedimiento en campo.

4.4 Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E

4.4.1 Características del monoblock

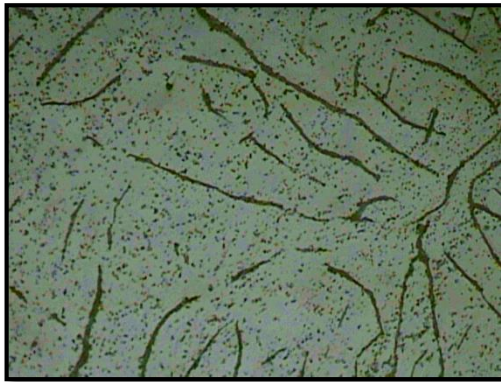
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DEL MONOBLOCK			
FOTOGRAFÍA			
 			
			
Datos Técnicos			
Material:	Hierro fundido gris	Marca:	Nissan 61W
N° Serie:	Z20 650222	País:	Japón
Año:	2008		

Ensayo Metalográfico

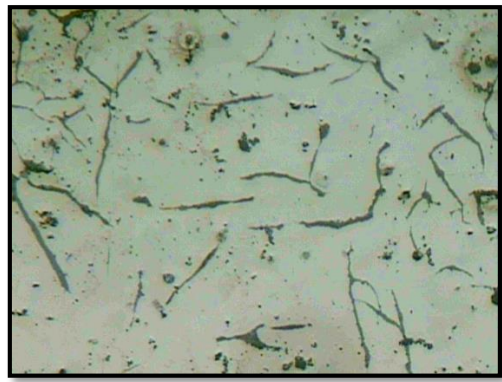
Probeta para ensayo metalográfico del block del motor



Comparación de hierro fundido gris material base con hierro fundido gris del block



Hierro fundido gris metal base, 100X



Hierro fundido gris del block del motor, 100X





OBSERVACIONES:

Mediante el análisis metalográfico en el block del motor se determina que posee una caracterización muy similar a la del material base, considerándolo así un block de hierro fundido gris clase 30.

4.4.2 Detección de fisura por medio de ensayos no destructivos (END).



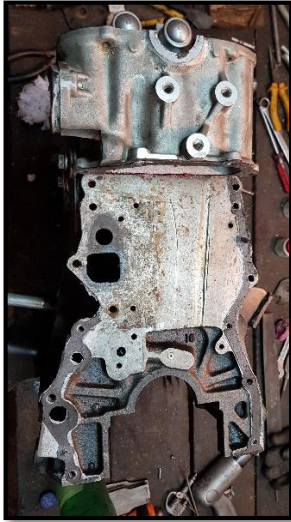
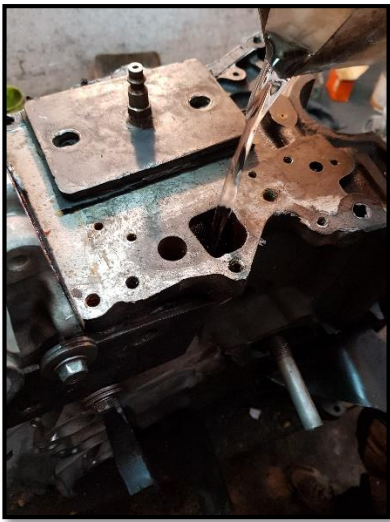
4.4.2.1 Sellado hermético.

El sellado se hará por medio de placas de acero y láminas de caucho sujetadas mediante pernos en los conductos de refrigeración del block, evitando así que el agua salga, hermetizando el block para iniciar el proceso de prueba hidrostática.

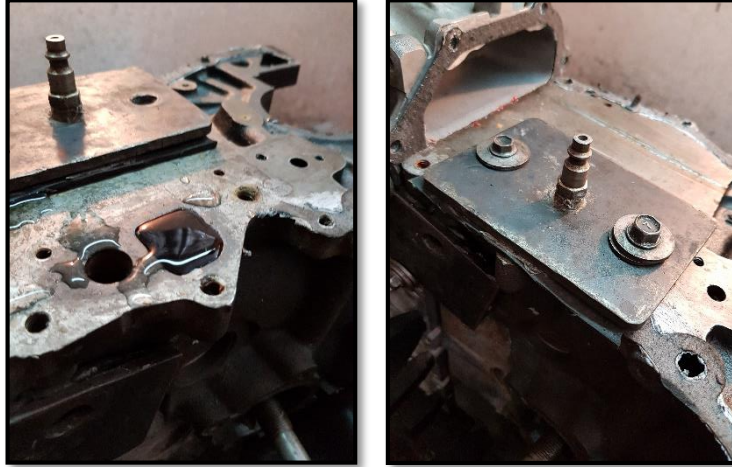
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
Bloqueo de conductos del refrigerante. Por medio de placas de acero tapamos los conductos por donde circula el refrigerante, estas deben ser ajustadas de tal manera que sellen herméticamente cada conducto.			
			
OBSERVACIONES:			

4.4.2.2 Prueba hidrostática.

Por medio de una prueba hidrostática detectamos la ubicación de la fisura, tapando los conductos por donde circula el refrigerante, llenamos de agua el block y mediante aire a presión obligamos a que el agua salga por la fisura.

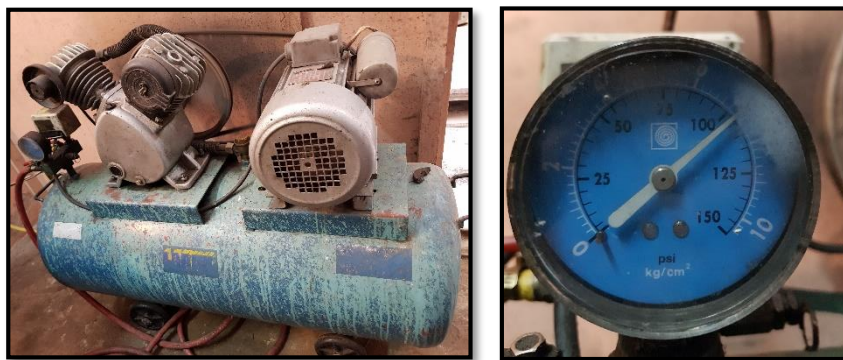
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Carga de agua. Una prueba hidrostática se da mediante el uso de agua en elementos hermetizados, por lo que llenamos totalmente de agua el block por una de las vías de acceso del refrigerante, es recomendable hacerlo por el acceso lateral en donde se encontraría la bomba de refrigeración.</p>			
			
OBSERVACIONES:			

2. **Acople de placa con adaptador para manguera neumática.** La placa con el adaptador y una lámina de caucho sellará el conducto de la bomba de refrigeración, ajustándolos con pernos hasta quedar totalmente hermetizado.



OBSERVACIONES:

3. **Verificación de presión inicial.** Para la prueba hidrostática se observa la presión inicial con la que se trabaja, ya que pueden existir fugas internas no visuales que se revelan por la caída de presión. La presión inicial es de 105 PSI.



OBSERVACIONES:

4. **Prueba hidrostática.** Para la prueba hidrostática unimos la manguera al adaptador neumático y aplicamos aire a presión, revelando así la ubicación de la fisura.




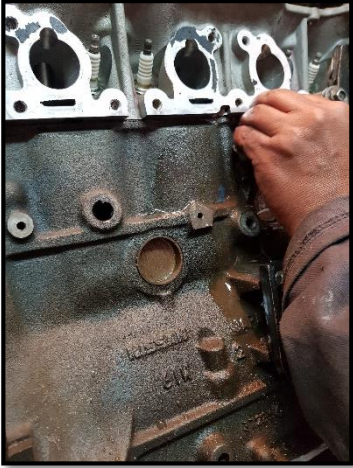


OBSERVACIONES:

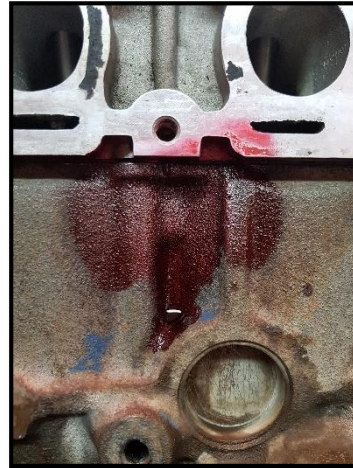
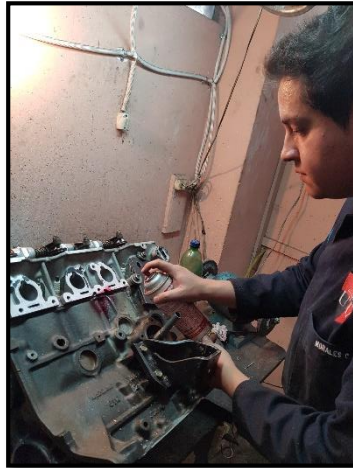
La presión baja considerablemente a 65 PSI, la fuga es detectada en la parte externa frontal del block debido al recalentamiento del mismo. Es necesario saber la configuración específica de la fisura, por lo que se procede a realizar ensayos de tintas penetrantes.

4.4.2.3 Ensayo de tintas penetrantes

El análisis no destructivo con tintas penetrantes se emplea para evidenciar de una manera rápida y confiable la configuración real de la fisura en el block del motor por medio de una inspección visual.

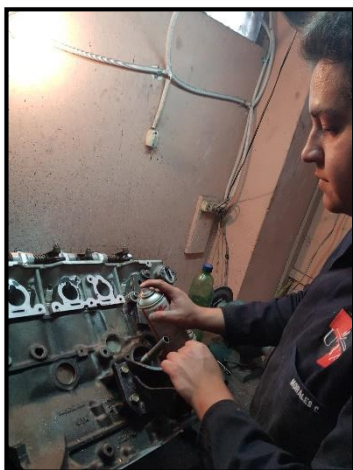
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Limpieza de la superficie. Limpiar cuidadosamente la superficie en donde se encuentra la fisura a inspeccionar de aceite, grasa y otros contaminantes por medio de métodos químicos. Para la limpieza de la superficie se utilizó el aerosol marca MAGNAFLUX por un período 5 minutos con un ángulo de inclinación entre 30° - 45° posteriormente se realizó la limpieza del exceso del mismo con waípe.</p>			
			
OBSERVACIONES:			

2. **Aplicación del penetrante.** Aplicar el aerosol en la zona donde se encuentra la fisura, esperamos que el líquido penetrante actúe por un tiempo de 10 minutos y limpiamos con waípe. La tinta penetrante aplicada en la superficie es el aerosol marca MAGNAFLUX.



OBSERVACIONES:




3. **Aplicación del revelador.** Aplicar el aerosol en la zona donde se encuentra la fisura, esperamos que el revelador actúe por un tiempo de 10 minutos para observar resultados. El revelador aplicado en la superficie es el aerosol marca MAGNAFLUX.



OBSERVACIONES:

4.4.2.4 Inspección visual





La inspección visual, es una técnica de pruebas no destructivas con la que se detecta y examina la fisura en el block determinando el inicio, la trayectoria y el final de la falla.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
Inspección visual. Para la inspección visual se requiere un lugar con buenas condiciones de iluminación o la ayuda de luz artificial.			
			
OBSERVACIONES:			
La fisura tiene una medida aproximada de 4.2 cm, localizada en la parte lateral media superior del block, además de luz natural también se utilizó una linterna para visualizar de mejor manera la fisura y un calibrador para determinar su medida.			

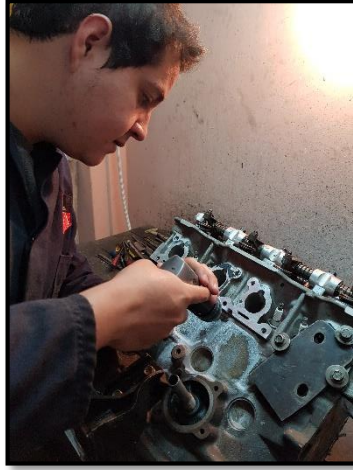
4.4.3 Reconstrucción del block

4.4.3.1 Costura mecánica.

La costura mecánica es una técnica mecánica de reparación de fisuras que utiliza una combinación de series de enclavamientos de los tornillos, estos tornillos son instalados a través de la línea de unión a intervalos a lo largo de la longitud de la fisura.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Marca de la fisura. Por medio de un cincel marcamos el inicio y el fin de la trayectoria de la fisura guiándonos en la marca dejada por las tintas penetrantes.</p>			
			
OBSERVACIONES:			
La distancia entre punto y punto dejado por el cincel es el diámetro del tornillo que es de 5/32'.			

2. **Taladrado.** Realizamos las perforaciones a través de la línea generada por la fisura siguiendo la secuencia dejada por el cincel.



OBSERVACIONES:

La broca utilizada es para un tornillo 5/32'

3. **Machuelado.** Por medio del machuelo realizamos el tallado interno de la rosca en cada uno de las perforaciones.



OBSERVACIONES:

El machuelo utilizado es uno para orificio de 5/32'. Una vez realizada la perforación y el talla interno de la rosa se procede a aplicar la resina epoxi secuencialmente en cada uno de los agujeros antes de insertar los tornillos para generar la configuración de adhesivo soldado.

4. **Costura Mecánica.** Se instalan los tornillos de forma secuencial en cada una de las aberturas, fijándolas en una condición apretada en la que llegue ser integral con el material base, por último, se cizalla cada uno de los tornillos instalados en la trayectoria de la fisura.



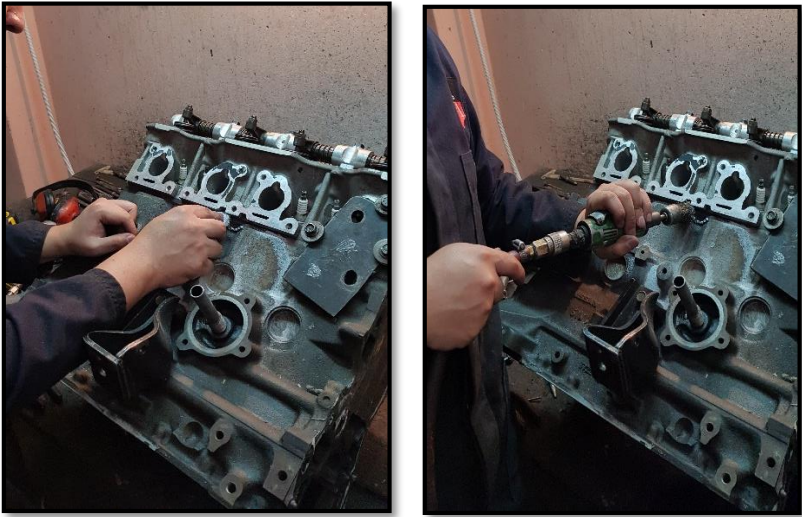


OBSERVACIONES:

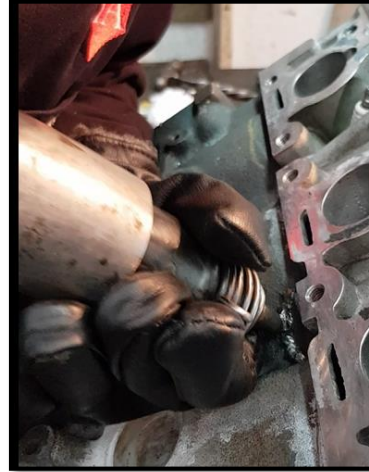
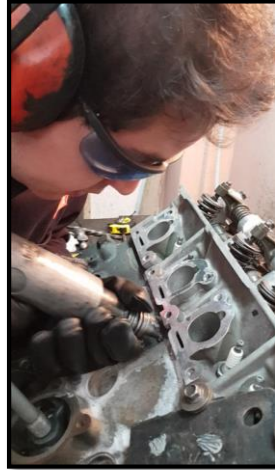
Los tornillos utilizados para el proceso de costura mecánica son de acero inoxidable AISI 304, medida 5/32' con una configuración a tope.

4.4.3.2 Soldadura en frío

La soldadura en frío o cold welding es un proceso de soldadura en estado sólido que se realiza aplicando alta presión por medio de un cincel neumático entre superficies en contacto a temperatura ambiente.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Limpieza inicial. Para que la unión atómica se dé con éxito es necesario remover cualquier sustancia química que se encuentre en la superficie como aceite o grasa que puedan afectar en el proceso de unión, mediante thinner y un cepillo de alambre.</p>			
			
OBSERVACIONES:			

2. **Soldadura en frío.** Por medio de un cincel neumático realizamos la soldadura en frío aplicando presión a temperatura ambiente en los tornillos siguiendo la secuencia establecida hasta formar el cordón.



OBSERVACIONES:

3. **Limpieza final.** Limpiamos el exceso de material alrededor del cordón de soldadura por medio de un cincel y pulimos para el acabado final.



OBSERVACIONES:

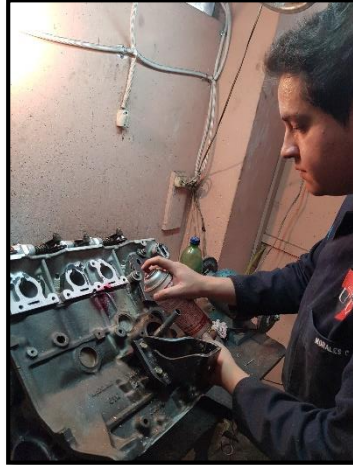
4.4.4 Comprobación de reparación por ensayos no destructivos (END)

4.4.4.1 Tintas penetrantes.

El análisis no destructivo con tintas penetrantes se emplea para evidenciar de una manera rápida y confiable si la fisura en el block del motor ha sido reparada en su totalidad por medio de una inspección visual en la soldadura en frío.

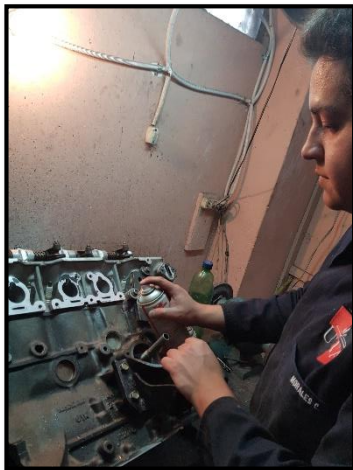
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Limpieza de la superficie. Limpiar cuidadosamente la junta soldada de aceite, grasa y otros contaminantes por medio de métodos químicos. Para la limpieza de la superficie se utilizó el aerosol marca MAGNAFLUX por un período de 5 minutos con un ángulo de inclinación entre 30° - 45° posteriormente se realizó la limpieza del exceso del mismo con waípe.</p>			
			
OBSERVACIONES:			

2. **Aplicación del penetrante.** Aplicar el aerosol en la zona donde se encuentra la junta esperamos que el líquido actúe por un tiempo de 10 minutos y limpiamos con waípe. La tinta penetrante aplicada en la superficie es el aerosol marca MAGNAFLUX.



OBSERVACIONES:




3. **Aplicación del revelador.** Aplicar el aerosol en la zona donde se encuentra la junta, esperamos que el revelador actúe por un tiempo de 10 minutos. El revelador aplicado en la superficie es el aerosol marca MAGNAFLUX.



OBSERVACIONES:



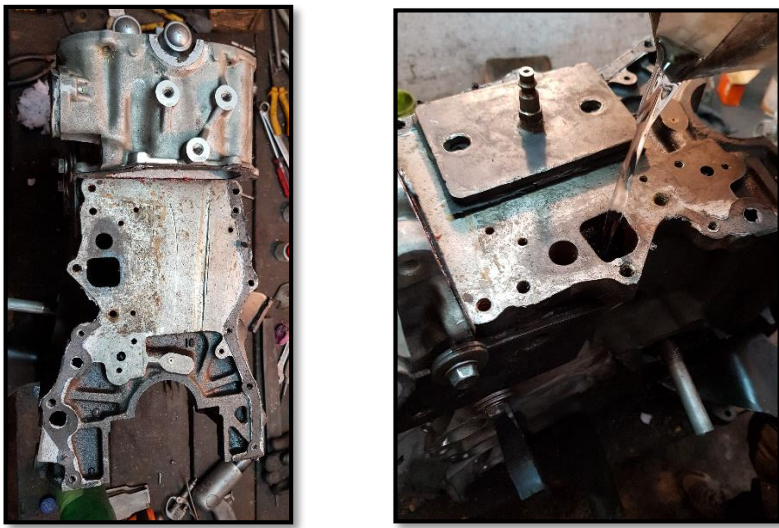
4.4.4.2 Inspección visual

La inspección visual es una técnica de pruebas no destructivas con la que se examina la junta soldada en el block, determinando que la fisura en el block del motor ha sido reparada en su totalidad por medio de una inspección visual en la soldadura en frío.

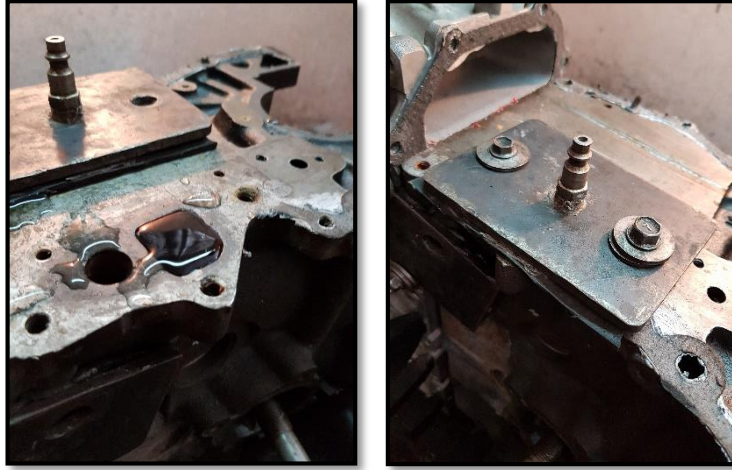
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
Inspección visual. Revisamos que la junta soldada se encuentre en buenas condiciones y verificamos que se haya reparado en totalidad la fisura en el block observando que esta no se haya extendido.			
			
OBSERVACIONES:			
La junta soldada mediante el proceso de soldadura en frío y costura mecánica muestra una buena apariencia y por medio de inspección visual no muestra fisuras en los extremos de la junta, por lo que se ha reparado totalmente la fisura en el block, confirmando que se puede realizar el análisis mediante prueba hidrostática.			

4.4.4.3 Prueba hidrostática térmica

Mediante una prueba hidrostática térmica comprobamos que no existan fugas, tapando los conductos por donde circula el refrigerante, llenamos de agua el block a una temperatura de 95°C, temperatura máxima a la que trabaja un motor y mediante aire a presión verificamos que la reparación esté completa.

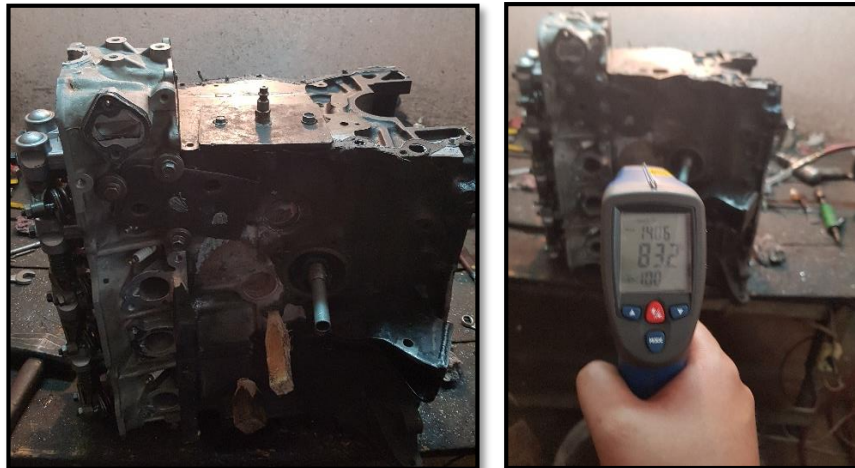
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Reconstrucción de un block fisurado por proceso de soldadura en frío y costura mecánica en configuración del proceso grupo E			
Realizado por:	Christian Morales	Tipo de estudio:	De campo
Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Fecha	17/08/2017
ESPECIFICACIONES DE PROCESO			
<p>1. Carga de agua a 95°C. Una prueba hidrostática se da mediante el uso de agua en elementos hermetizados, por lo que llenamos totalmente de agua hirviendo el block por una de las vías de acceso del refrigerante, acceso lateral en donde se encontraría la bomba de refrigeración.</p>			
			
OBSERVACIONES:			
Es necesario repetir este proceso hasta que la temperatura del block se eleve a condiciones reales de trabajo de 75°C a 95°C.			

2. **Acople de placa con adaptador para manguera neumática.** La placa con el adaptador y una lámina de caucho sellará el conducto de la bomba de refrigeración.



OBSERVACIONES:

3. **Temperatura de trabajo del block.** Es necesario elevar la temperatura del block a condiciones reales de trabajo que son de 75°C a 95°C por lo que por medio del pirómetro confirmamos la temperatura del block.



OBSERVACIONES:

El block se encuentra a una temperatura de 83.2°C, temperatura de condición real de trabajo de un motor por lo que se procede a realizar la prueba hidrostática térmica.

4. **Verificación de presión inicial.** Para la prueba hidrostática se observa la presión inicial con la que se trabaja, ya que pueden existir fugas internas no visuales que se revelan por la caída de presión. La presión inicial es de 105 PSI.



5. **Prueba hidrostática térmica.** Para la prueba hidrostática unimos la manguera al adaptador neumático y aplicamos aire a presión, comprobando la reconstrucción sea correcta.





OBSERVACIONES:

La presión final es de 105 PSI, con una temperatura del block de 83.2°C, no se muestra fugas de agua en la zona reconstruida por proceso de soldadura en frío y costura mecánica. Concluyendo que el proceso ha sido el adecuado para la reconstrucción del block.

4.5 Previsión de la evaluación del proceso de soldadura en frío y costura mecánica

Concluido el trabajo experimental, se determinó que el proceso adecuado de soldadura en frío y costura mecánica previo a la reconstrucción de un block fisurado de hierro fundido gris que presentó el mejor comportamiento es el grupo E, con una configuración a tope, con tornillos de acero inoxidable AISI 304 de 5/32'.

En la presente investigación se realizó varios ensayos aplicados bajo normas internacionales los cuales muestran resultados que aportan al área de materiales y soldadura ya que este tema no ha sido analizado ni estudiado, logrando así determinar un nuevo proceso de soldadura, soldadura en frío o cold welding el mismo que puede ser utilizado para la reconstrucción de elementos, piezas, estructuras y componentes en el ámbito automotriz o industrial que sean de hierro fundido gris.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El grupo que presenta un mejor comportamiento en el análisis de ensayos a tracción de soldadura en frío y costura mecánica en hierro fundido gris es el grupo E, con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y costura mecánica a tope, determinando una resistencia a la rotura de 20.7 ksi, una fuerza de rotura de 6288.84 N, una elongación del 4.23% y una reducción de área del 4.05%.
- El análisis de ensayos a tracción de soldadura en frío y costura mecánica en hierro fundido gris determinó que entre las variables de configuración en el proceso de costura mecánica a tope y solapado, los que presentaron un mejor comportamiento fueron los grupos de costura mecánica a tope siendo estos los grupos A, C, E y G mientras que los grupos de costura mecánica solapado presentaron los valores más bajos siendo estos los grupos B, D, H y F.
- Si comparamos los resultados de los ensayos a tracción del material base con el grupo E que obtuvo los mejores resultados, mediante los ensayos realizados en la investigación para la caracterización del mismo tenemos que el hierro fundido gris clase 30, posee un valor promedio de resistencia a la rotura de 196.66 [MPa] y el valor de resistencia a la rotura del grupo E, es de 142.5 [MPa] lo que representa que la resistencia a la rotura mediante el proceso de soldadura en frío y costura mecánica disminuye su resistencia en un 27.45%.
- En el análisis de ensayos a impacto se determina, que los valores de los 8 grupos tienen un rango similar con una ruptura tipo frágil lo cual podría generalizar que mediante el proceso de soldadura en frío y costura mecánica las propiedades mecánicas adquiridas en ensayo de impacto se mantienen respecto al material base, ya que el valor de energía absorbida en el hierro fundido gris clase 30 para caracterización del material nos da un valor promedio de 1.93 [J] mientras que el grupo D, da un valor de 1.78 [J] con un 7.7% menor del valor del material base.

- Los valores determinados en los ensayos de dureza Brinell muestran como resultado que el grupo E, posee un mejor comportamiento al dar un valor de 190 HB con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 5/32' y sección de perforación a tope, comparándolo con el valor más bajo tenemos al grupo F, dando un valor de 170 HB con una configuración de tornillos en acero inoxidable AISI 304 con diámetro 1/4' y sección de perforación solapado.
- Al comparar los resultados de los ensayos de dureza Brinell del material base con el grupo E que obtuvo los mejores resultados, mediante los ensayos realizados en la investigación para la caracterización del mismo tenemos que el hierro fundido gris clase 30, posee un valor promedio de dureza de 203 HB y el valor de dureza del grupo E, es de 190 HB lo que representa que la dureza mediante el proceso de soldadura en frío y costura mecánica disminuye en un 6.4%.
- En el proceso de soldadura en frío existe unión atómica entre los materiales al tener un contacto íntimo entre ellos, producido por la aplicación de alta presión que activa las fuerzas cohesivas del material, generando coalescencia entre los metales dúctiles, al ser una soldadura en estado sólido se presenta una unión metalúrgica en zonas aleatorias de las superficies en empalme tanto en el acero inoxidable AISI 304 como en el acero ASTM A307, al ser materiales dúctiles cumplen con los requerimientos para el proceso de soldadura en frío.
- Por medio de un análisis estadístico de todos los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se determina que el grupo de soldadura en frío y costura mecánica a tope obtiene los mejores resultados siendo estos los grupos A, C, E y G en donde, el grupo E muestra un total mejor comportamiento al tener los valores más altos en todos los resultados de los ensayos mecánicos, en cuánto a la energía absorbida se puede apreciar una igualdad de valores en los resultados de los ensayos de impacto, lo que muestra que cualquiera de las 3 configuraciones sea A, C o E resulta apropiada para realizar un proceso en los que solo se involucre energías transversales a la soldadura en frío y costura mecánica. El grupo E es seleccionado como el proceso más adecuado para la reconstrucción del block teniendo la siguiente configuración, aterial de tornillo: acero inoxidable, diámetro de tornillo: 5/32' y distancia (costura mecánica): tope.

- Mediante la obtención del proceso adecuado de soldadura en frío y costura mecánica con el mejor comportamiento y las mejores propiedades mecánicas siendo este el grupo E, se realiza la reparación de un block fisurado marca NISSAN de hierro fundido gris clase 30, obteniendo resultados óptimos al presentar una reconstrucción total y correcta en el block, ya que mediante ensayos no destructivos, como tintas penetrantes se determinó que la fisura haya sido totalmente rellenada y mediante pruebas hidrostáticas a temperaturas reales de trabajo se comprobó la hermetización del block.

5.2 RECOMENDACIONES

- En el proceso de costura mecánica, si el tornillo ya llegó a su ajuste total, no se debe forzar más el apriete ya que este puede causar una fisura o ruptura del material.
- Es necesario que antes de realizar el proceso de soldadura en frío se limpie la superficie del material de la presencia de cualquier película química, de aceites, gases o similares ya que esto puede afectar la unión atómica de los elementos.
- Para que los elementos en el proceso de soldadura en frío tengan una unión íntima, al menos uno de los metales que se van a soldar y de preferencia ambos, deben ser muy dúctiles y libres de endurecimiento por trabajo.
- Las fuerzas de compresión aplicadas en el proceso producen el trabajo en frío de las piezas metálicas y reducen el espesor hasta en 50% o más, por lo que es necesario dejar una medida óptima del tornillo al momento de cizallarlo.
- En el proceso de soldadura en frío para piezas pequeñas, las fuerzas se aplican mediante herramientas sencillas operadas en forma manual como el cincel neumático, para trabajo más pesado se requieren prensas de alta capacidad para ejercer la fuerza necesaria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. EURS, «Metal Stitch Reconditioning Analysis,» Vaasa, 2013.
- [2] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna, México, D.F.: McGraw-Hill, 2007.
- [3] L. N. STICH, «METAL STICHING,» LOCK-N-STICH Inc., [En línea]. Available: <http://www.locknstitch.com/precision-metal-stitching.html>.
- [4] C. Wick y R. Veilleux, Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Michigan: Marcel Dekker, 1997.
- [5] A. Blake, What Every Engineer Should Know About Threaded Fasteners, New York: Quality, 1996.
- [6] J. A. SCHEY, Procesos de manufactura, México, D.F.: McGrawHill, 2000.
- [7] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, México, D.F.: PEARSON EDUCACIÓN, 2008.
- [8] H. S. R., Structural Adhesives, Chemistry and Technology, New York: Plenum, 2005.
- [9] H. B. Cary y S. C. Helzer, Modern Welding Technology, New Jersey: Pearson Prentice-Hall, 2005.

- [10] ASM INTERNATIONAL, ASM HANDBOOK, VOLUME 1, PROPERTIES ASN SELECTION: IRONS, STEELS, AND HIGH PERFORMANCE ALLOYS, United States of America: ASM Handbook Committee, 1991.
- [11] AWS American Welding Society, Welding Handbook, Volume 4, MATERIALS AND APPLICATIONS, Denver: Welding Handbook Committee, 2011.
- [12] ASM INTERNATIONAL, ASM HANDBOOK, VOLUME 17, NONDESTRUCTIVE EVALUATION AND QUALITY CONTROL, United States of America: ASM Handbook Committee, 1997.
- [13] I. R. Echeverría, «LÍQUIDOS PENETRANTES,» *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAMAHUE, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos*, p. 70, 2003.
- [14] AWS American Welding Society, Guide for Welding Iron Castings, Miami, Florida: AWS Committee on Welding, 1989.
- [15] AWS American Welding Society, «Standar Methods for Mechanical Testing of Welds,» p. 154, 2007.
- [16] ASTM-A-327, «Standar Test Methods for Impact Testing of Cast Iron». United States of America Patente PA 19428, 1997.
- [17] [En línea]. Available: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/128985/mod_resource/content/1/Distribucion-Student.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1: ASTM A48/A 48M, Standard Specification for Gray Iron Castings



Designation: A 48/A 48M – 00

Standard Specification for Gray Iron Castings¹

This standard is issued under the fixed designation A 48/A 48M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. This specification replaces Federal Specification QQ-1-652.

1. Scope

1.1 This specification covers gray iron castings intended for general engineering use where tensile strength is a major consideration. Castings are classified on the basis of the tensile strength of the iron in separately cast test bars.

1.1.1 This specification subordinates chemical composition to tensile strength.

1.2 Castings produced to this specification are graded on the basis of minimum tensile strength obtained in special test coupons designed to standardize cooling rate. The tensile strength developed in certain casting sections may vary from test coupon values (see X1.2).

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 644 Terminology Relating to Iron Castings²

E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials³

2.2 Military Standard:

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage⁴

2.3 Federal Standard:

Federal Standard No. 123 Marking for Shipment (Civil Agencies)⁴

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 Definitions for many terms common to gray iron castings are found in Terminology A 644.

4. Classification

4.1 Castings ordered and produced in accordance with this specification are classified into a number of grades based on the properties of separately cast test bars (Table 1). Each class is designated by a number followed by a letter. The number indicates the minimum tensile strength of the separately cast test bar, and the letter indicates the size of the test bar. Examples of proper designations are as follows:

Gray Iron Castings, ASTM Specification A 48, Class 30B.

Gray Iron Castings, ASTM Specification A 48, Class 40C.

5. Ordering Information

5.1 Orders for material to this specification shall include the following information:

5.1.1 ASTM designation number and year of issue,

5.1.2 Class of iron required (see 4.1 and Table 1),

5.1.3 The size of the separately cast test bar (letter classification—A, B, C, or S) that best represents the thickness of the controlling section of the casting (see Table 2),

5.1.4 The tension test specimen (B or C) to be machined from test bar C (see 13.3, Table 3, and Fig. 1),

5.1.5 The tension test specimen to be machined from test bar S (see 13.4, Table 3, and Fig. 1),

5.1.6 Lot size (see Section 10),

5.1.7 Special requirements (see Section 6),

5.1.8 Saving tested specimens or unbroken test bars (see 15.1), and

5.1.9 Special preparation for delivery (see Section 19).

6. Special Requirements

6.1 When agreed upon in writing between the manufacturer and the purchaser, it may be necessary for the castings to meet special requirements as to hardness, chemical composition, microstructure, pressure tightness, radiographic soundness, dimensions, surface finish, etc.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A04 on Iron Castings and is the direct responsibility of Subcommittee A04.01 on Gray Iron Castings.

Current edition approved May 10, 2000. Published June 2000. Originally published as A 48 – 05. Last previous edition A 48 – 94a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁴ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

TABLE 1 Requirements for Tensile Strength of Gray Cast Irons in Separately Cast Test Bars

Class	Tensile Strength, min, ksi [MPa]	Nominal Test Bar Diameter, in. [mm]
No. 20 A	20 (138)	0.88 (22.4)
No. 20 B		1.2 (30.5)
No. 20 C		2.0 (50.8)
No. 20 S		Bars S ^A
No. 25 A	25 (172)	0.88 (22.4)
No. 25 B		1.2 (30.5)
No. 25 C		2.0 (50.8)
No. 25 S		Bars S ^A
No. 30 A	30 (207)	0.88 (22.4)
No. 30 B		1.2 (30.5)
No. 30 C		2.0 (50.8)
No. 30 S		Bars S ^A
No. 35 A	35 (241)	0.88 (22.4)
No. 35 B		1.2 (30.5)
No. 35 C		2.0 (50.8)
No. 35 S		Bars S ^A
No. 40 A	40 (276)	0.88 (22.4)
No. 40 B		1.2 (30.5)
No. 40 C		2.0 (50.8)
No. 40 S		Bars S ^A
No. 45 A	45 (310)	0.88 (22.4)
No. 45 B		1.2 (30.5)
No. 45 C		2.0 (50.8)
No. 45 S		Bars S ^A
No. 50 A	50 (345)	0.88 (22.4)
No. 50 B		1.2 (30.5)
No. 50 C		2.0 (50.8)
No. 50 S		Bars S ^A
No. 55 A	55 (379)	0.88 (22.4)
No. 55 B		1.2 (30.5)
No. 55 C		2.0 (50.8)
No. 55 S		Bars S ^A
No. 60 A	60 (414)	0.88 (22.4)
No. 60 B		1.2 (30.5)
No. 60 C		2.0 (50.8)
No. 60 S		Bars S ^A

^AAll dimensions of test bar S shall be as agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

TABLE 2 Separately Cast Test Bars for Use When a Specific Correlation Has Not Been Established Between the Test Bar and the Casting

Thickness of the Wall of the Controlling Section of the Casting, in. [mm]	Test Bar
Under 0.25 [under 6]	S
0.25 to 0.50 [6 to 13]	A
0.51 to 1.00 [13 to 25]	B
1.01 to 2 [26 to 51]	C
Over 2 [over 51]	S

7. Tensile Requirements

7.1 Test bars representing castings conforming to this specification shall meet the requirements for tensile strength as described in Table 1.

8. Dimensional Requirements

8.1 The castings shall conform to the dimensions or drawings furnished by the purchaser, or, if there are no drawings, to

the dimensions predicted by the pattern equipment supplied by the purchaser.

9. Workmanship and Finish

9.1 The surface of the casting shall be free of adhering sand, scale, cracks, and hot tears, as determined by visual examination.

9.2 No repairing by plugging or welding of any kind shall be permitted unless written permission is granted by the purchaser.

10. Sampling

10.1 A lot shall consist of one of the following:

10.1.1 All the metal poured from a single heating in a batch type melting furnace.

10.1.2 All the metal from two or more batch type melting furnaces poured into a single ladle or a single casting.

10.1.3 All the metal poured from a continuous melting furnace for a given period of time between changes in charge, processing conditions, or aim-for chemistry or 4 h, whichever is the shorter period.

10.1.3.1 The purchaser may agree to extend the 4-h time period to 8 h if the manufacturer can demonstrate sufficient process control to warrant such an extension.

11. Cast Test Bars

11.1 Test bars shall be separate castings poured from the same lot as the castings they represent and shall have dimensions as shown in Table 3. Allowance may be made for reasonable pattern draft within the tolerances shown in Table 3. Test bars A, B, and C are all standard test bars in the form of simple cylinders. Test bar S is special and is intended for use where the standard bars are not satisfactory.

11.2 The test bars shall be cast in dried, baked, or chemically bonded molds made mainly of an aggregate of siliceous sand with appropriate binders. The average grain size of the sand shall approximate that of the sand in which the castings are poured. Molds for the test bars shall be approximately at room temperature when poured. More than one test bar may be cast in a single mold, but each bar in the mold shall be surrounded by a thickness of sand which is not less than the diameter of the bar. A suitable design for a mold is shown in Fig. 2.

NOTE 1—The intent of these provisions is as follows: to prohibit the casting of test bars in molds of metal, graphite, zircon, light-weight aggregates, or other materials which would significantly affect the tensile strength of the iron; to prohibit control of tensile strength of the test bars by manipulation of the grain size of the sand; and to prohibit the casting of test bars in molds preheated substantially above room temperature.

11.3 Test bars that are intended to represent castings that are cooled in the mold to less than 900°F [480°C], before shakeout, shall be cooled in their molds to a temperature less than 900°F [480°C]. They then may be cooled in still air to room temperature.

11.4 Test bars that are intended to represent castings that are hotter than 900°F [480°C], when shaken out of their molds, shall be cooled as described in 11.3 or (by agreement between the manufacturer and the purchaser) may be shaken out of their molds at approximately the same temperature as the castings they represent.

ANEXO 2: ASTM E8/E8M, Standard Test Methods for Tension Testings of Metallic Materials

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]¹

This standard is issued under the fixed designation E 8M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—These test methods are the metric companion of Test Methods E 8. Committee E-28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E 8 and E 8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style manual.

NOTE 2—These metric test methods are essentially the same as those in Test Methods E 8, and are compatible in technical content except that gage lengths are required to be 5D for most round specimens rather than 4D as specified in Test Methods E 8. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557M.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 10 to 38°C unless otherwise specified.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 356/A356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines²
- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³
- B 557M Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Dec. 10, 2000. Published February 2001. Originally published as E 8M – 84. Last previous edition E 8M – 00a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products [Metric]⁴

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵
- E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials⁵
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁶
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵
- E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil⁵
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶
- E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵

3. Terminology

3.1 **Definitions**—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 **discontinuous yielding**—a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 **lower yield strength, LYS** [FL^{-2}]—the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 **upper yield strength, UYS** [FL^{-2}]—the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding.

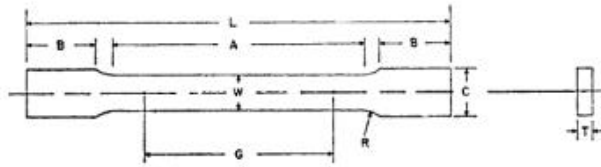
3.1.4 **yield point elongation, YPE**—the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If there is no point at or near the onset of yielding at which the

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



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

NOTE 1—For the 40 mm [1.500 in.] wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 25 mm [1 in.] apart, or one or more pairs of punch marks 200 mm [8 in.] apart may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 40 mm [1.500 in.] wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (*A*) of 75 mm [2.25 in.] may be used with all other dimensions similar to those of the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.10, 0.05 or 0.02 mm [0.004, 0.002 or 0.001 in.], respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 1% larger than the width at the center.

NOTE 4—For each of the three sizes of specimens, narrower widths (*W* and *C*) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used.

NOTE 5—The dimension *T* is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 40 mm [1.500 in.] wide specimens shall be 5 mm [0.188 in.]. Maximum thickness of 12.5 and 6 mm [0.500 and 0.250 in.] wide specimens shall be 19 and 6 mm [0.750 and 0.250 in.], respectively.

NOTE 6—For the 40 mm [1.500 in.] wide specimen, a 13 mm [0.500 in.] minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 690 MPa [100 000 psi] in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

NOTE 7—The dimension shown is suggested as a minimum. In determining the minimum length, the grips must not extend in to the transition section between Dimensions *A* and *B*, see Note 9.

NOTE 8—To aid in obtaining axial force application during testing of 6-mm [0.250-in.] wide specimens, the overall length should be as large as the material will permit, up to 200 mm [8.00 in.].

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of 12.5 mm [0.500-in.] wide specimens is over 10 mm [0.375 in.], longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 0.5, 0.25 and 0.13 mm [0.10, 0.01 and 0.005 in.], respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the 2.5 mm [0.500 in.] wide specimen shall be symmetrical within 0.2 mm [0.01 in.].

NOTE 11—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 1.25 mm [0.05 in.], and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.2 mm [0.01 in.].

NOTE 12—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2 *W* from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. In acceptance testing, if the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

Standard Methods for Mechanical Testing of Welds

1. Scope

This specification establishes standard methods for mechanical testing of welds. The significance of each test, test apparatus, preparation of the test specimens, and the test procedure are described. Example test results sheets are provided.

It is beyond the scope of this document to define the required mechanical properties or acceptance criteria for the weld metal.

This standard makes sole use of U.S. Customary Units. Approximate mathematical equivalents in the International System of Units (SI) are provided for comparison in parentheses or in appropriate columns in tables and figures.

Safety and health issues and concerns are beyond the scope of this standard and therefore are not fully addressed herein. Safety and health information is available from other sources, including, but not limited to, ANSI Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*, and applicable federal, state, and local regulations.

2. Normative References

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this AWS standard. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

AWS documents:¹

AWS A1.1, *Metric Practice Guide for the Welding Industry*;

¹ AWS standards are published by the American Welding Society, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126.

AWS A2.4, *Standard Symbols for Welding, Brazing and Nondestructive Examination*; and

AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*.

3. Terms and Definitions

The welding terms used in this standard are in accordance with AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions, Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*.

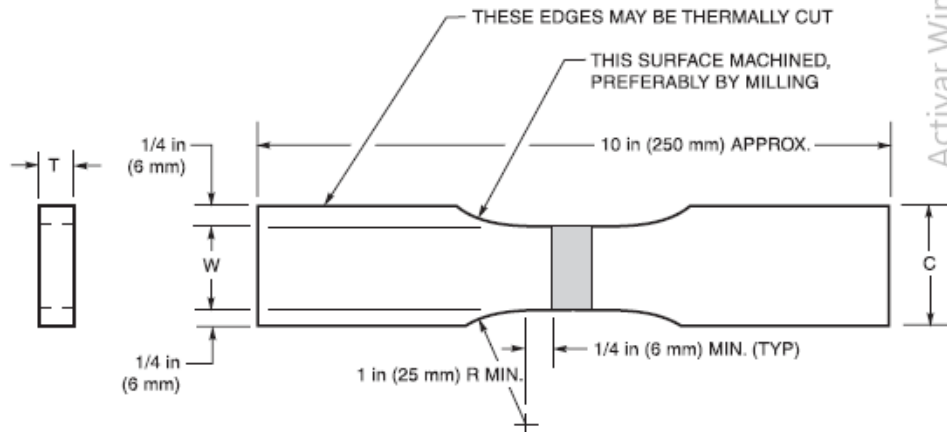
4. Tension Tests

4.1 Scope. This clause covers the tension testing of welded joints. It does not specify required properties or acceptance criteria. When this standard is used as a portion of specification for a welded structure or assembly or for qualification, the following information shall be furnished:

- (1) The specific type(s) and number of specimens required,
- (2) Base metal specification/identification,
- (3) Filler material specification/identification,
- (4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements,
- (5) Location and orientation of the specimens,
- (6) Report form when required, and
- (7) Postweld thermal or mechanical processing treatments, as applicable.

This standard is applicable to the following, when specified:

- (1) Qualification of materials and welding procedures where specified mechanical properties are required,



T	W
<1 in (25 mm)	1.50 in ± 0.01 in (38 mm ± 0.25 mm)
≥1 in (25 mm)	1.00 in ± 0.01 in (25 mm ± 0.25 mm)

Notes:

1. Thin base metal being tested tends to tear and break near the shoulder. In such cases, dimension C shall be no greater than 1-1/3 times the width of the reduced section.
2. Weld reinforcement and backing strip, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen.
3. When the thickness, t, of the test weldment is such that it would not provide a specimen within the capacity limitations of the available test equipment, the specimen shall be parted through its thickness into as many specimens as required.
4. The length of reduced sections shall be equal to the width of the widest portion of weld, plus 1/4 in (6 mm) minimum on each side.
5. All surfaces in the reduced section shall be no rougher than 125 microinches (3 micrometers) R_a .
6. Narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

Figure 4.2—Transverse Rectangular Tension Test Specimen (Plate)

7. Fracture Toughness Tests

7.1 Scope

7.1.1 This clause covers the fracture toughness testing of weldments. Methods include the Charpy V-Notch (C_v), the Dynamic Tear (DT), the Plane-Strain Fracture Toughness (K_{Ic}), Crack Tip Opening Displacement (CTOD), and the Drop Weight Nil-Ductility Temperature (DWNDT) Tests.

7.1.2 When a fracture toughness test is required, the preparation of the weld, the test specimen, and the test methods shall conform to this standard.

7.1.3 This standard is applicable to the following when specified:

(1) For qualification of materials, welding procedures, and welding personnel where a specified level of fracture toughness is required;

(2) For information, specification of acceptance and manufacturing quality control where a minimum criterion for fracture toughness is requested. Detailed discussion of the selection of test method and a specified minimum value in a specific case is beyond the scope of this standard; and

(3) Research and development.

7.1.4 When this standard is used the following information shall be furnished:

(1) The specific types and number of specimens required,

(2) Base metal specifications/identification,

(3) Filler material specification/identification,

(4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements,

(5) Location and orientation of the specimen and notch,

(6) Joint geometry,

(7) Test temperature, and

(8) Postweld thermal or mechanical treatments.

7.2 Normative References. The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this test. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

ASME Documents:

ASME B46.1, *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay*

ASTM Documents:

ASTM A 370, *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*

ASTM E 23, *Standard Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*

ASTM E 208, *Standard Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels*

ASTM E 399, *Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials*

ASTM E 604, *Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials*

ASTM E 1290, *Standard Test Method for Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness Measurement*

ASTM E 1820, *Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness*

ASTM E 1823, *Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing*

ASTM E 1921, *Standard Method for Determination of Reference Temperature, T_{σ} for Ferritic Steels in the Transition Range.*

7.3 Summary of Method

7.3.1 The method selected for fracture toughness testing shall be that required in the specification of a material, fabrication document, or as otherwise specified.

7.3.2 Specimens shall be removed from a weldment so that the results of the test are representative of the structural performance of the weld joint.

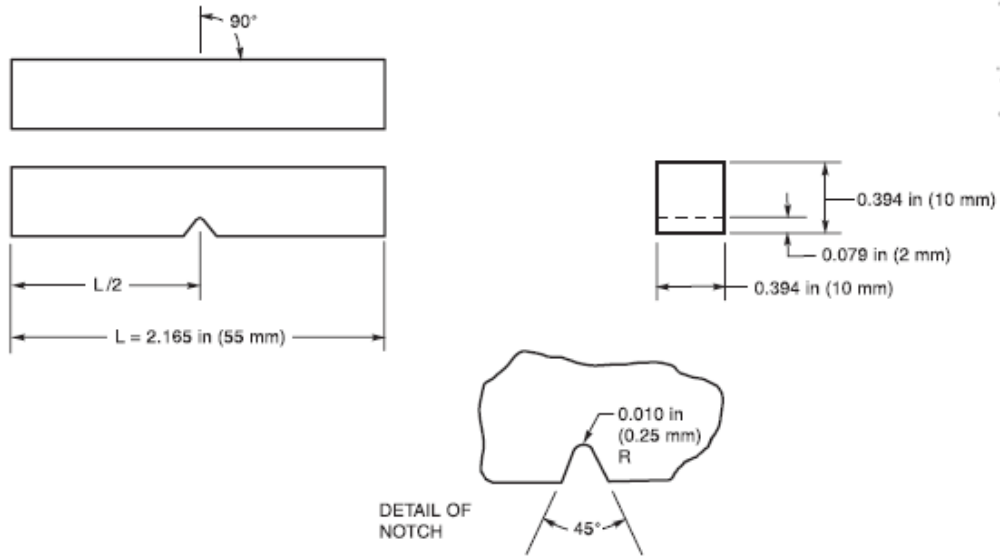
7.4 Significance

7.4.1 Fracture toughness testing provides a measure of resistance to unstable crack extension (i.e., fracture initiation), ductile tearing, or both.

7.4.2 The welding process and welding procedure have a significant effect on the mechanical properties of a weld joint. If the fracture toughness of a weld joint sample is to be representative of its structural performance, the same welding process, procedure, and weld cooling rates as a function of distance and thickness must be used for the sample and the structure.

7.5 Apparatus

7.5.1 The apparatus for conducting the various fracture toughness tests shall be in accordance with the latest edition of the following ASTM Standard Methods:



NOTE—Dimensional Tolerances shall be as follows:

Notch length to edge	$90^\circ \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10$ minutes
Cross section dimensions	± 0.003 in (0.076 mm)
Length of specimen (L)	+0, -0.100 in (+0, -2.5 mm)
Centering of notch (L/2)	± 0.039 in (1 mm)
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.001 in (0.025 mm)
Notch depth	± 0.001 in (0.025 mm)
Finish requirements	63 microinches (1.5 micrometers) R_a on notched surface and opposite face; 125 microinches (3 micrometers) R_a on other two surfaces

Figure 7.1—Charpy V-Notch Impact Specimen

8. Hardness Tests

8.1 Scope

8.1.1 This clause covers the indentation hardness testing of welds. Test methods include the Brinell, Rockwell, Vickers, and Knoop hardness tests.

8.1.2 When hardness tests are required, test specimen preparation and testing procedures shall conform to the applicable hardness test method standard.

8.1.3 This standard does not specify acceptance criteria.

8.1.4 When this standard is used, the following information shall be furnished:

- (1) The specific type of test and number of specimens required,
- (2) The specific location and orientation of test specimens,
- (3) The specific locations within a test specimen to be tested and number of (indentations) required and surface preparation,
- (4) Base metal specification/identification, and
- (5) Filler metal specification/identification.

8.2 Normative References. The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this test. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

ASTM Documents:

- (1) ASTM E 3, *Methods for Preparation of Metallographic Specimens*
- (2) ASTM E 10, *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*
- (3) ASTM E 18, *Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*
- (4) ASTM E 92, *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*
- (5) ASTM E 110, *Standard Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers*
- (6) ASTM E 384, *Standard Test Method for Micro-indentation Hardness of Materials*

8.3 Summary of Method. A calibrated machine forces an indenter, of specified geometry and under a predeter-

mined load, into the surface of the test specimen and some measure of the resultant impression is expressed as a specific measure of hardness.

8.4 Significance. Hardness test provide quantitative data which can be compared, analyzed, and used in the design of welding procedures. Hardness tests may also be used in the analysis of weld failures. The Brinell (E10), Rockwell (E18), and Vickers (E92) tests produce relatively large indentations and are used for evaluating the weld joint and unaffected base metal. The microhardness tests, Knoop and Vickers (E384), which produce relatively small indentations, are widely used for hardness measurements in cross-sections of weld, heat-affected zones (HAZs), or extremely localized weld areas.

When selecting a hardness test method for use on weld overlays, the thickness of the weld overlays and the base metal must be within the thickness limits specified in the applicable ASTM standard test method for the particular hardness testing technique (for example, ASTM E 18 paragraph 6.3).

8.5 Apparatus. The apparatus for conducting the various hardness tests shall be in accordance with one of the following applicable ASTM standard test methods:

- (1) Brinell, E 10;
- (2) Rockwell, E 18;
- (3) Vickers, E 92;
- (4) Microhardness (Knoop and Vickers), E 384; or
- (5) Portable Hardness, E 110.

8.6 Specimens

8.6.1 All requirements of the applicable ASTM standard test method, except those modified by the following sections, shall apply.

8.6.2 Brinell, Vickers, and Rockwell hardness test methods are generally used to evaluate unaffected base metal and weld metal, unless otherwise specified. In order to qualify as a valid weld metal hardness test, the edge of an impression shall be no closer than three times the major dimension of an indentation from the edge of the weld metal in the prepared specimen.

8.6.3 Vickers and Knoop microhardness test methods are the recommended test methods for fine-scale traverse across single or multiple weld regions, unless otherwise specified.

8.6.4 Hardness test should be performed on surfaces prepared in accordance with the applicable hardness test method standard. Weld-metal hardness tests are permitted only on weld joint cross sections or local areas of the weld reinforcement prepared before testing.

ANEXO 4: Especificaciones de Pirómetro infrarrojo DT-8867H

CEM DT-8867H/8868/8868H/8869/8869H
Professional High Temperature InfraRed Thermometers

Professional High Temperature InfraRed Thermometers

CE
EMC
EN 61326
EN 60825-1

Applications

- Plant/General Maintenance
- HVAC/R
- Transportation/Automotive
- Cooling and Reheating
- Serving areas
- Food service Equipment
- Cold storage

www.cem-meter.com.cn 21 E-mail:szce.mygm@public.szptt.net.cn

DT-8867H/8868H/8868H/8869H/8869H
Professional High Temperature InfraRed Thermometers



Active Windows

8867H/8868H/8869H/8869H Series provide much faster, easy and accurate readings for most surface temperature measurements with Dual Laser pointers.

Two laser pointer converges to a single spot when the unit is at the optimal distance from the object being measured.

- 150ms faster sampling time with 1% accuracy
- High 50:1 distance to target ratio measures smaller surface areas at greater distances
- Widest temperature range
- Unique flat surface, modern housing design
- Built-in dual laser pointers for accurate targeting
- Automatic Data Hold & Trigger Lock
- Max, Min, DE, AVG record
- High and low alarm
- Emissivity Digitally adjustable from 0.10 to 1.0
- USB interface
- Compatible with all standard connector Type K thermocouples

Model 8869



Features	
Use selectable °C or °F	
Dual Laser targeting	
Automatic Data Hold	
Auto Power Off	
White Backlit LCD Display	
Overrange indicators	
High Temperature	
Max, Min, DE, AVG record	
High / low alarm, Trigger lock	
Adjustable emissivity	
Reading memory (8868/8869/8869H/8869H)	
Type K input	
USB interface	

Distance (D) to Spot size(S)
 D:S=50:1(8869)



(Unit:mm)



EMC
 EN: 61324
 EN: 60825-1



Specifications	8867H	8868	8869	8869H	8869H
IR Temp. Range	-50°C to 1650°C/ -58°F to 3002°F	-50°C to 1200°C/ -58°F to 2192°F	-50°C to 1600°C/ -58°F to 2912°F	-50°C to 1850°C/ -58°F to 3362°F	-50°C to 2200°C/ -58°F to 3992°F
Response Time	Less than 150ms	Less than 150ms	Less than 150ms	Less than 150ms	Less than 150ms
Resolution	0.1" up 1000", 1" over 1000"	0.1" up 1000", 1" over 1000"	0.1" up 1000", 1" over 1000"	0.1" up 1000", 1" over 1000"	0.1" up 1000", 1" over 1000"
Basic Accuracy (IR)	±1.0% of reading	±1.0% of reading	±1.0% of reading	±1.0% of reading	±1.0% of reading
Optical Resolution	30:1 Distance to Spot size	50:1 Distance to Spot size	50:1 Distance to Spot size	50:1 Distance to Spot size	50:1 Distance to Spot size
Emissivity	Adjustable 0.10-1.0	Adjustable 0.10-1.0	Adjustable 0.10-1.0	Adjustable 0.10-1.0	Adjustable 0.10-1.0
Type K Temp. Range	-50°C to 1370°C/ -58°F to 2498°F	-50°C to 1370°C/ -58°F to 2498°F	-50°C to 1370°C/ -58°F to 2498°F	-50°C to 1370°C/ -58°F to 2498°F	-50°C to 1370°C/ -58°F to 2498°F
Basic Accuracy (TK)	±1.5% of reading	±1.5% of reading	±1.5% of reading	±1.5% of reading	±1.5% of reading
Readings maximum		99	99	99	99

Size(HxWxD): 204mm x 155mm x 52mm
 Weight: 500g

Accessories:
 9V battery, USB Cable, Tripod, Software, Type-K temperature probe,
 Carrying case and Gift box.

E-mail: szceemyj@public.szptt.net.cn

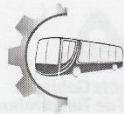
• Emissivity Values

Substance	Thermal Emissivity	Substance	Thermal Emissivity
Asphalt	0.90 to 0.98	Cloth (black)	0.98
Concrete	0.94	Human skin	0.98
Cement	0.96	Lather	0.75 to 0.80
Sand	0.90	Charcoal (powder)	0.96
Earth	0.92 to 0.96	Lacquer	0.80 to 0.95
Water	0.92 to 0.96	Lacquer (matt)	0.97
Ice	0.96 to 0.98	Rubber (black)	0.94
Snow	0.83	Plastic	0.85 to 0.95
Glass	0.90 to 0.95	Timber	0.90
Ceramic	0.90 to 0.94	Paper	0.70 to 0.94
Marble	0.94	Chromium oxides	0.81
Plaster	0.80 to 0.90	Copper oxides	0.78
Mortar	0.89 to 0.91	Iron oxides	0.78 to 0.82
Brick	0.93 to 0.96	Textiles	0.90

14. Maintenance

- Repairs or service are not covered in this manual and should only be carried out by qualified trained technician.
- Periodically, wipe the body with a dry cloth. Do not use abrasives or solvents on this instrument.
- For service, use only manufacturer's specified parts.

ANEXO 5: Fichas de Ensayos de Tracción



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Angel Balseca Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

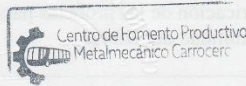
Fecha de entrega de Informe: Ambato, 21 de diciembre del 2017.
Nº. Factura: 001-002-000003998

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
Fecha de Finalización de Ensayo: 20 de diciembre del 2017
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Método de ensayo: ASTM E8. Materiales metálicos. Ensayo de tracción.
Tipo de probeta: plana **Longitud calibrada:** 50 mm
Equipo utilizado: Maquina de ensayos universal. Metro test 50 kN
Velocidad de ensayo: 10 mm/min **Precarga:** 5000 N

Observaciones del ensayo: Ninguna.

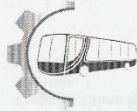
Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.



Código: RG-RM-008
 Fecha de Elaboración: 08-03-2017
 Fecha de última aprobación: 16-05-2017
 Revisión: 1

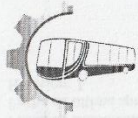
**INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
METALICOS**

Página 2 de 6

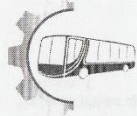


Resultados

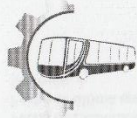
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
1	180360090520171218-ETM 02-1	24,4	42,7	36,24	7,92	29300,01	7750,00	96,74	25,59	3,16	3,06
2	180360090520171218-ETM 02-2	24,4	42,7	37,83	7,53	41550,00	15450,00	145,87	54,24	3,93	3,79
3	180360090520171218-ETM 02-3	24,4	42,7	38,25	8,21	44550,00	17150,00	141,86	54,61	3,14	3,05
4	180360090520171218-ETM 02-4	24,4	42,7	37,9	7,71	32450,01	11350,00	11,05	38,84	4,70	4,49
5	180360090520171218-ETM 02-5	24,4	42,7	37,8	8,21	35750,00	10550,00	115,20	34,00	5,26	5,00
Promedio \bar{x}						36720,00	12450,00	102,14	41,46	4,04	3,88
Desviación estándar S_{n-1}						6302,14	3807,89	54,74	12,75	0,94	0,87
Coeficiente de variación CV						17,16	30,59	53,59	30,76	23,24	22,33
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
6	180360090520171218-ETM 03-1	24,5	43,5	37,83	8,37	23650,00	14450,00	74,69	45,64	3,58	3,45
7	180360090520171218-ETM 03-2	24,5	43,5	37,77	8,55	29200,01	15350,00	90,42	47,53	3,28	3,18
8	180360090520171218-ETM 03-3	24,5	43,5	37,78	7,68	26250,01	15000,00	90,47	51,70	3,26	3,16
9	180360090520171218-ETM 03-4	24,5	43,5	37,73	7,98	36000,00	14800,00	119,57	49,16	4,22	4,05
10	180360090520171218-ETM 03-5	24,5	43,5	37,78	7,41	32450,01	16300,00	115,91	58,22	3,47	3,36
Promedio \bar{x}						29510,01	15180,00	98,21	50,45	3,56	3,44
Desviación estándar S_{n-1}						4894,56	705,87	19,00	4,88	0,39	0,36
Coeficiente de variación CV						16,59	4,65	19,34	9,67	10,96	10,55



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
11	180360090520171218-ETM 04-1	22	51,7	37,97	7,59	48600,00	14800,00	168,64	51,35	4,58	4,38
12	180360090520171218-ETM 04-2	22	51,7	37,75	8,05	38800,00	15750,00	127,84	51,83	3,63	3,50
13	180360090520171218-ETM 04-3	22	51,7	37,66	7,63	25800,01	15000,00	89,79	52,20	3,00	2,91
14	180360090520171218-ETM 04-4	22	51,7	37,58	8,48	44500,00	15250,00	139,64	47,85	4,70	4,49
15	180360090520171218-ETM 04-5	22	51,7	37,85	7,89	34800,00	15200,00	116,53	50,90	3,63	3,50
Promedio \bar{x}						38500,00	15200,00	128,49	50,83	3,91	3,76
Desviación estándar S_{n-1}						8847,03	355,32	29,06	1,73	0,72	0,67
Coeficiente de variación CV						22,98	2,34	22,62	3,41	18,39	17,72
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
16	180360090520171218-ETM 05-1	24,3	43,6	37,56	8,65	24850,00	14850,00	76,45	45,68	3,30	3,19
17	180360090520171218-ETM 05-2	24,3	43,6	37,68	7,56	38000,00	17300,00	126,70	57,68	3,84	3,69
18	180360090520171218-ETM 05-3	24,3	43,6	37,74	7,94	33150,00	14600,00	110,63	48,72	3,18	3,08
19	180360090520171218-ETM 05-4	24,3	43,6	37,71	7,93	30550,01	14150,00	102,16	47,32	3,97	3,82
20	180360090520171218-ETM 05-5	24,3	43,6	37,79	7,12	22050,00	13200,00	81,95	49,06	3,58	3,45
Promedio \bar{x}						29720,00	14820,00	99,58	49,69	3,57	3,45
Desviación estándar S_{n-1}						6394,49	1522,58	20,68	4,66	0,34	0,32
Coeficiente de variación CV						21,52	10,27	20,76	9,38	9,53	9,20



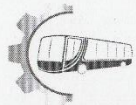
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
21	180360090520171218-ETM 06-1	24,4	43,5	37,74	8,36	48050,00	15300,00	152,29	48,49	4,69	4,48
22	180360090520171218-ETM 06-2	24,4	43,5	37,67	8,62	35550,00	15250,00	109,48	46,96	4,18	4,02
23	180360090520171218-ETM 06-3	24,4	43,5	37,82	7,54	40950,00	15150,00	143,60	53,13	4,20	4,03
24	180360090520171218-ETM 06-4	24,4	43,5	37,86	8,30	44300,00	16450,00	140,98	52,35	3,70	3,57
25	180360090520171218-ETM 06-5	24,4	43,5	37,77	7,64	47950,00	16800,00	166,17	58,22	4,36	4,18
Promedio \bar{x}						43360,00	15790,00	142,50	51,83	4,23	4,05
Desviación estándar S_{n-1}						5261,94	774,11	20,92	4,41	0,36	0,33
Coeficiente de variación CV						12,14	4,90	14,68	8,50	8,45	8,12
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
26	180360090520171218-ETM 07-1	22,1	51,2	37,90	7,85	39400,00	15250,00	132,43	51,26	3,42	3,31
27	180360090520171218-ETM 07-2	22,1	51,2	38,26	8,43	34650,00	14600,00	107,43	45,27	3,92	3,78
28	180360090520171218-ETM 07-3	22,1	51,2	37,70	8,20	30200,01	13800,00	97,69	44,64	3,44	3,32
29	180360090520171218-ETM 07-4	22,1	51,2	38,18	8,97	34050,00	14700,00	99,42	42,92	4,11	3,95
30	180360090520171218-ETM 07-5	22,1	51,2	37,91	8,55	46800,00	15350,00	144,39	47,36	3,96	3,81
Promedio \bar{x}						37020,00	14740,00	116,27	46,29	3,77	3,63
Desviación estándar S_{n-1}						6369,12	619,88	20,97	3,20	0,32	0,30
Coeficiente de variación CV						17,20	4,21	18,04	6,91	8,49	8,19



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
31	180360090520171218-ETM 08-1	24,40	42,80	37,83	8,13	44100,00	15250,00	143,39	49,58	4,65	4,45
32	180360090520171218-ETM 08-2	24,40	42,80	37,88	8,21	40600,00	15100,00	130,55	48,55	3,80	3,66
33	180360090520171218-ETM 08-3	24,40	42,80	37,70	7,76	29950,01	14050,00	102,37	48,03	3,87	3,73
34	180360090520171218-ETM 08-4	24,40	42,80	37,64	8,02	3450,00	15750,00	114,29	52,17	3,30	3,19
35	180360090520171218-ETM 08-5	24,40	42,80	37,65	7,81	21450,00	15750,00	72,95	53,56	2,74	2,67
Promedio \bar{x}						27910,00	15180,00	112,71	50,38	3,67	3,54
Desviación estándar S_{n-1}						16335,06	696,06	27,16	2,39	0,71	0,66
Coeficiente de variación CV						58,53	4,59	24,09	4,74	19,36	18,69
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	% de Reducción de área (Calculado)
				Ancho	Espesor						
36	180360090520171218-ETM 09-1	24,6	42	37,68	8,07	26450,01	13200,00	86,98	43,41	4,17	4,00
37	180360090520171218-ETM 09-2	24,6	42	37,90	8,24	47500,00	15500,00	152,10	49,63	4,17	4,00
38	180360090520171218-ETM 09-3	24,6	42	37,59	8,17	20400,00	16000,00	66,43	52,10	2,55	2,49
39	180360090520171218-ETM 09-4	24,6	42	37,68	8,42	29700,01	14100,00	93,61	44,44	3,73	3,60
40	180360090520171218-ETM 09-5	24,6	42	37,69	8,65	34250,00	15650,00	105,06	48,00	3,49	3,37
Promedio \bar{x}						31660,00	14890,00	100,84	47,52	3,62	3,49
Desviación estándar S_{n-1}						10190,52	1189,75	31,91	3,61	0,67	0,62
Coeficiente de variación CV						32,19	7,99	31,65	7,59	18,37	17,84

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
METALICOS



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180360090520171218-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Christian Morales	
DIRECCIÓN: Cesar Silva S/N y pasaje Moreno Mora, Ambato.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1803600905	TELÉFONO: 0979293663
E-MAIL: christianmoralesm93@gmail.com	

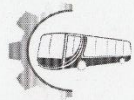
DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Designación del material: Materiales Metálicos: Hierro dulce
Método de ensayo: ASTM E8

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180360090520171218-ETM 02-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
2	180360090520171218-ETM 02-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
3	180360090520171218-ETM 02-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
4	180360090520171218-ETM 02-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
5	180360090520171218-ETM 02-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	

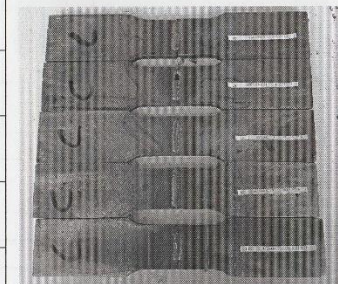
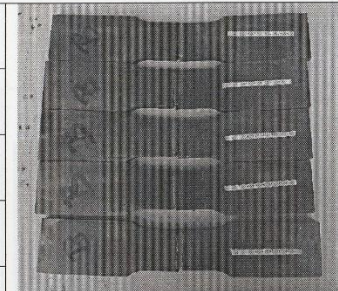
Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

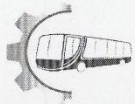
HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 5



6	180360090520171218-ETM 03-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
7	180360090520171218-ETM 03-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
8	180360090520171218-ETM 03-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
9	180360090520171218-ETM 03-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
10	180360090520171218-ETM 03-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
11	180360090520171218-ETM 04-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
12	180360090520171218-ETM 04-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
13	180360090520171218-ETM 04-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
14	180360090520171218-ETM 04-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
15	180360090520171218-ETM 04-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente



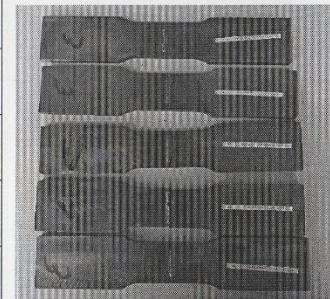
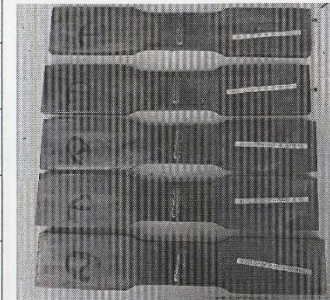


Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

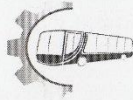
16	180360090520171218-ETM 05-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
17	180360090520171218-ETM 05-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
18	180360090520171218-ETM 05-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
19	180360090520171218-ETM 05-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
20	180360090520171218-ETM 05-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
21	180360090520171218-ETM 06-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
22	180360090520171218-ETM 06-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
23	180360090520171218-ETM 06-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
24	180360090520171218-ETM 06-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente
25	180360090520171218-ETM 06-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente



Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



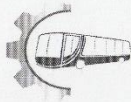
Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

26	180360090520171218-ETM 07-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
27	180360090520171218-ETM 07-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
28	180360090520171218-ETM 07-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
29	180360090520171218-ETM 07-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
30	180360090520171218-ETM 07-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
31	180360090520171218-ETM 08-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
32	180360090520171218-ETM 08-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
33	180360090520171218-ETM 08-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
34	180360090520171218-ETM 08-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
35	180360090520171218-ETM 08-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 4 de 5

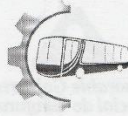


36	180360090520171218-ETM 09-1	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
37	180360090520171218-ETM 09-2	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
38	180360090520171218-ETM 09-3	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
39	180360090520171218-ETM 09-4	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
40	180360090520171218-ETM 09-5	19/12/2017	21/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	

Todas las probetas no se almacenan por acuerdo con el cliente se entregaran al mismo. El centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

ANEXO 6: Fichas de Ensayos de Impacto



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
Código del Informe: 180360090520171218-EIM
Fecha de Finalización de Ensayo:
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Método de ensayo: ASTM E23. Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.
Tipo de probeta: Probeta sin muesca.
Acondicionamiento de la probeta: Temperatura ambiente.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Energía utilizada: 450 (J)
Máxima velocidad de impacto: 5,42 m/s

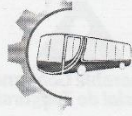
RESISTENCIA AL IMPACTO

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	180360090520171218-EIM 01-1	25,5	44,7	0,8	0,98	0,79	1,33	1,69	100	x	
2	180360090520171218-EIM 01-2	25,5	44,7	0,8	1,04	0,83	1,93	2,32	100	x	
Promedio \bar{x}							1,63	2,01			
Desviación estándar S_{n-1}							0,42	0,45			
Coeficiente de variación CV							26,03	22,30			
Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
3	180360090520171218-EIM 02-1	25,3	43,9	0,80	0,99	0,79	1,63	2,06	100	x	
4	180360090520171218-EIM 02-2	25,3	43,9	0,80	0,98	0,79	1,63	2,07	100	x	
Promedio \bar{x}							1,63	2,06			
Desviación estándar S_{n-1}							0	0,01			
Coeficiente de variación CV							0	0,50			
Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
5	180360090520171218-EIM 03-1	25,4	44,5	0,80	1	0,80	1,33	1,67	100	x	
6	180360090520171218-EIM 03-2	25,4	44,5	0,80	1,06	0,85	1,93	2,28	100	x	
Promedio \bar{x}							1,63	1,98			
Desviación estándar S_{n-1}							0,42	0,43			
Coeficiente de variación CV							26,03	21,88			

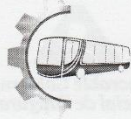
Código: RG-RM-010
 Fecha de Elaboración: 28-04-2017
 Fecha de última aprobación: 19-05-2017
 Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE
 IMPACTO MATERIALES
 METALICOS

Página 2 de 4

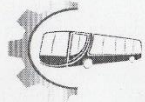


Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
7	180360090520171218-EIM 04-1	25,2	44	0,80	1	0,80	1,33	1,66	100	x	
8	180360090520171218-EIM 04-2	25,2	44	0,80	1,02	0,81	2,23	2,74	100	x	
Promedio \bar{x}							1,78	2,20			
Desviación estándar S_{n-1}							0,64	0,77			
Coeficiente de variación CV							35,75	34,83			
Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
9	180360090520171218-EIM 05-1	24,9	46,8	0,80	0,99	0,79	1,33	1,68	100	x	
10	180360090520171218-EIM 05-2	24,9	46,8	0,80	1,05	0,84	1,93	2,29	100	x	
Promedio \bar{x}							1,63	1,99			
Desviación estándar S_{n-1}							0,42	0,43			
Coeficiente de variación CV							26,03	21,79			
Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
11	180360090520171218-EIM 06-1	24,9	46,8	0,80	0,96	0,77	1,33	1,73	100	x	
12	180360090520171218-EIM 06-2	24,9	46,8	0,80	1,01	0,80	1,63	2,03	100	x	
Promedio \bar{x}							1,48	1,88			
Desviación estándar S_{n-1}							0,21	0,21			
Coeficiente de variación CV							14,33	11,27			
Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
13	180360090520171218-EIM 07-1	24,3	45,3	0,80	0,95	0,76	1,03	1,35	100	x	
14	180360090520171218-EIM 07-2	24,3	45,3	0,80	1,01	0,81	1,33	1,65	100	x	
Promedio \bar{x}							1,18	1,50			
Desviación estándar S_{n-1}							0,21	0,21			
Coeficiente de variación CV							17,98	14,06			



Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
15	180360090520171218-EIM 08-1	24,3	45,3	0,80	0,97	0,78	1,33	1,72	100	x	
16	180360090520171218-EIM 08-2	24,3	45,3	0,80	0,89	0,71	1,63	2,30	100	x	
Promedio \bar{x}							1,48	2,01			
Desviación estándar S_{n-1}							0,21	0,41			
Coeficiente de variación CV							14,33	20,49			

Observaciones del ensayo: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180360090520171218-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Christian Morales	
DIRECCIÓN: Cesar Silva S/N y pasaje Moreno Mora, Ambato.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1803600905	TELÉFONO: 0979293663
E-MAIL: chistianmoralesm93@gmail.com	

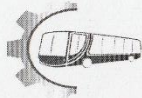
DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Hierro fundido gris
Método de ensayo: ASTM E23-16b.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180360090520171218-EIM 01-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
2	180360090520171218-EIM 01-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
3	180360090520171218-EIM 02-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
4	180360090520171218-EIM 02-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
5	180360090520171218-EIM 03-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
6	180360090520171218-EIM 03-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



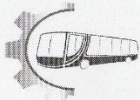
Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

7	180360090520171218-EIM 04-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
8	180360090520171218-EIM 04-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
9	180360090520171218-EIM 05-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
10	180360090520171218-EIM 05-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
11	180360090520171218-EIM 06-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
12	180360090520171218-EIM 06-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
13	180360090520171218-EIM 07-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
14	180360090520171218-EIM 07-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
15	180360090520171218-EIM 08-1	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	
16	180360090520171218-EIM 08-2	11/12/2017	21/12/2017	Ing. F. Galarza	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Todas las probetas por acuerdo del CFPMC con el cliente se entregan al mismo. El centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las probetas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

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

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 3

ANEXO 7: Ensayos de análisis químico.



Matriz: Km. 7,8 Vía a Daule (lado izquierdo) Av. 12da. y Calle 3ra.
 Tel: (04) 2252829 – 2251764 – 2250605 – 2250376 Fax: Ext. 116
 Sucursal: Km. 1,5 Vía Durán-Tambo (lado derecho)
 Tel: (04) 2801070 Telefax: 2801080
 faleasa@faleasa.com • www.faleasa.com
 Casilla 2057 Guayaquil - Ecuador

Fecha de impresión: 10/10/2012

Hora de impresión: 9:51:38 AM

DEPARTAMENTO DE FUNDICION

Ensayo de Analisis Quimico

FECHA : 10/2/2012
 HORA : 3:17:15 PM
 EMPRESA :
 ATENCION : OSCAR TENE
 MUESTRA :
 PEDIDO :
 PROGRAMA: Fe-20-F

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	Co
Value	3.80	2.13	0.468	0.224	0.0780	0.204	0.123	0.0250	0.00430	0.427	0.0130
	Ti	Nb	V	W	Pb	Mg	B	Sn	Zn	As	Bi
Value	0.0210	<0.0025	0.0140	<0.0100	<0.0030	<0.0010	<0.0005	0.0190	0.0130	0.0150	<0.0015
	Ce	Zr	La	Fe							
Value	<0.0030	<0.0015	0.00150	92.4							

Responsable del Analisis
 Carlos Montiel C.

NOS ESPECIALIZAMOS EN ACCESORIOS PARA LA INDUSTRIA AGRICOLA

Garruchas Agrícolas • Vinchas, Ganchos y Platinas para funiculares • Separadores • Rodillos Transportadores • Calibradores Fijo y de Reloj • Comprobadores • Telecalibradores • Escaleras de Cosecha y Enfunde • Cunas • Curvos, Machetes y Podones • Peso Patrón • Aspersores SAEL y Acoples Rápidos de 1/2 y 3/4 • Cañones • Torres para Riego • Válvulas: de Aire, de Bronce, de Mariposa, Hidrantes • Adaptadores • Reductores • Codos • Tees • Uniones • Cruces • Accesorios Flex • Guantes Industriales y Mandíles • Tubería de PVC, Aluminio y Manguera Flex • Empeques • **Otras Líneas:** Accesorios para Aluminio y Vidrio, Muebles de Oficina, Electrodomésticos, Avícolas • Fundimos bronce, aluminio, cobre, zinc, ánodos, bocines marinos • Sinterizamos bronce grafitado autolubricado • **Servicios:** Análisis de Espectrometría • Recuperación de Metales (lingoteado) • Electroerosión por Hilo y Penetración • Rectificación de Superficies Planas • Ternos Automáticos • Inyección de piezas en plástico, aluminio y caucho • Reparación de Garruchas, Aspersores