



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:

“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (TRACCIÓN, CHARPY Y METALGRÁFICAS) DE LAS VARILLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN FRENTE A ALTERACIONES TÉRMICAS CONTROLADAS”.

AUTOR:

Julio César García Rodríguez

TUTOR:

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

AMBATO-ECUADOR 2019

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de autor del proyecto experimental, previo a la obtención de Ingeniero Mecánico, con el tema **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (TRACCIÓN, CHARPY Y METALOGRAFÍAS) DE LAS VARILLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN FRENTE A ALTERACIONES TÉRMICAS CONTROLADAS”** elaborado por el Sr. Julio César García Rodríguez, portador de la cédula de ciudadanía: 180444086-3, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente proyecto de investigación es original del autor
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes
- Esta concluido en su totalidad

.....
Ing. Wilson Henry Vaca Ortega

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Julio César García Rodríguez con CI. 180444086-3 declaro que los criterios emitidos en este trabajo experimental con el tema **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (TRACCIÓN, CHARPY Y METALOGRÁFICAS) DE LAS VARILLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN FRENTE A ALTERACIONES TÉRMICAS CONTROLADAS”**, así como también los contenidos, ensayos realizados, análisis, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

.....

Julio César García Rodríguez

CI. 180444086-3

Autor

DERECHOS DE AUTOR

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

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

.....

Julio César García Rodríguez

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Julio César García Rodríguez de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (TRACCIÓN, CHARPY Y METALOGRAFÍAS) DE LAS VARILLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN FRENTE A ALTERACIONES TÉRMICAS CONTROLADAS”.

Ambato, abril del 2019

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Juan Paredes

.....
Ing. Mg. Santiago Cabrera

DEDICATORIA

A mi padre César y mi hermano Cristian que están en el cielo, mi madre Humbelina y mi hermano Santiago, mi novia Ceci y amigos, a todas estas personas que siempre me han apoyado y me han brindado las palabras exactas en los momentos precisos para no desfallecer en el cumplimiento de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la oportunidad de culminar este ciclo de mi vida llenándome de bendición y fortaleza

A la Universidad Técnica de Ambato, a mi Facultad, a sus Docentes, por impartir sus conocimientos y brindar su apoyo moral y humano durante toda mi carrera, por todo lo compartido y vivido en este ciclo de mi vida.

A mis compañeros por todos los éxitos, derrotas, buenos y malos momentos que se han suscitado durante el transcurso de nuestra formación como profesionales, todas esas risas y tristezas que nos han dado fortaleza para no rendirnos durante esta etapa de nuestras vidas.

Al Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero por la atención y apoyo brindado, por compartir su conocimiento y experiencia, por ese gran aporte humano que se ha sido brindado para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN EJECUTIVO	XII
1.1 Tema del trabajo experimental	- 1 -
1.2 Antecedentes	- 1 -
1.3 Justificación.....	- 2 -
1.4 Objetivos	- 2 -
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN	- 4 -
2.1 Fundamentación teórica	- 4 -
2.2 Hipótesis.....	- 14 -
2.1.2 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	- 15 -
CAPITULO III. METODOLOGÍA	- 16 -
3.1 Nivel o tipo de investigación.....	- 16 -
3.1.1 Experimental.....	- 16 -
3.1.2 Descriptivo.....	- 16 -
3.2 Población y muestra	- 16 -
3.2.1 Población	- 16 -
3.2.2 Muestra	- 16 -
3.3 Operacionalización de variables	- 17 -
3.3.1 Variable Independiente:	- 17 -
3.3.2 Variable dependiente:	- 17 -
3.4 Plan de recolección de información	- 18 -
3.5 Plan de procesamiento y análisis.....	- 19 -
3.6 Análisis e interpretación de resultados.....	- 20 -
3.7 Procedimiento	- 20 -
3.7.1 Adquisición de materia prima.....	- 20 -

3.7.2	Dosificación del hormigón.....	- 20 -
3.7.3	Cálculo de cantidades de cemento, arena y ripio.	- 22 -
3.7.4	Construcción de Vigas.....	- 23 -
3.7.5	Exposición de vigas a alteraciones térmicas.....	- 26 -
3.7.6	Obtención y Preparación de probetas para los diferentes ensayos	- 28 -
3.7.7	Ensayo de probetas	- 30 -
3.7.8	Obtención y tabulación de resultados	- 32 -
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS		- 33 -
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS	- 33 -
a.	Fichas de reporte de ensayos de tracción	- 33 -
b.	Fichas de reporte ensayos de impacto.....	- 41 -
c.	Fichas de reporte de ensayo metalográfico	- 49 -
4.2	Análisis de resultados.....	- 57 -
4.2.1	Análisis de resultados del Ensayo de Tracción.....	- 57 -
4.2.2	Análisis de resultados del Ensayo de Impacto.....	- 58 -
4.2.3	Análisis de resultados del Ensayo Metalográfico	- 62 -
4.3	Verificación de hipótesis.....	- 67 -
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		- 71 -
5.1	Conclusiones	- 71 -
5.2	Recomendaciones.....	- 72 -
Bibliografía		- 74 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de la Temperatura en el acero al carbón	- 4 -
Figura 2. Influencia de temperatura en la resistencia a la tracción de diferentes materiales.	- 5 -
Figura 3. Efecto temperatura límite elástico, ductilidad para una aleación de Al-3.2% Mg.	- 5 -
Figura 4. Ductilidad y resistencia a la tracción en función de la temperatura de acero al C.	- 6 -
Figura 5. Rangos de temperaturas en la deformación.	- 7 -
Figura 6. Acero AISI 1008, 1000X, 10% Reducción.	- 8 -
Figura 7. Acero AISI 1008, 1000X, 50% Reducción.	- 8 -
Figura 8. Acero AISI 1008, 1000X, 80% Reducción.	- 9 -
Figura 9. Probeta para ensayo de tracción uniaxial.	- 11 -
Figura 10. Ensayo a flexión con el péndulo Charpy	- 13 -
Figura 11. Tamizado del ripio.	- 23 -
Figura 12. Tamizado de la arena.	- 24 -
Figura 13. Componentes del hormigón.	- 24 -
Figura 14. Preparación de moldes.	- 25 -
Figura 15. Concretera.	- 25 -
Figura 16. Colado de hormigón.	- 26 -
Figura 17. Curado del hormigón.	- 26 -
Figura 18. Horno a 650°C con probetas.	- 27 -
Figura 19. Horno a 650°C con probetas.	- 27 -
Figura 20. Horno a 950°C con probetas.	- 28 -
Figura 21. Enfriamiento de las probetas en el tanque	- 28 -
Figura 22. Obtención de varillas.	- 28 -
Figura 23. Maquinado de probetas de impacto.	- 29 -
Figura 24. Entallado de probetas de impacto.	- 29 -
Figura 25. Probetas de impacto	- 30 -
Figura 26. Ensayo de probeta de tracción.	- 31 -
Figura 27. Colocación de probeta de impacto.	- 31 -
Figura 28. Ensayo de probeta de impacto.	- 32 -
Figura 29. Probetas de ensayo metalográfico.	- 32 -
Figura 30. Comparación del Límite de Fluencia.	- 57 -
Figura 31. Comparación de la Resistencia de Rotura.	- 58 -
Figura 32. Relación de Energía absorbida vs Temperatura.	- 59 -
Figura 33. Temperatura vs Tenacidad bajo 0°C.	- 60 -
Figura 34. Comparación General de las Propiedades Mecánicas	- 62 -
Figura 35. Segmentación probeta estandar a 100x.	- 63 -
Figura 36. Rango Segmentación probeta estandar a 100x.	- 63 -
Figura 37. Segmentación probeta de 650°C a 100x.	- 64 -
Figura 38. Rango Segmentación probeta de 650°C a 100x.	- 64 -
Figura 39. Segmentación probeta de 800°C a 100x.	- 65 -
Figura 40. Rango Segmentación probeta de 800°C a 100x.	- 65 -
Figura 41. Segmentación probeta de 950°C a 100x.	- 66 -
Figura 42. Rango Segmentación probeta de 950°C a 100x.	- 66 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable independiente.	- 17 -
Tabla 2. Variable dependiente.	- 17 -
Tabla 3. Recolección de Información.	- 18 -
Tabla 4. Dosificación del Hormigón.	- 21 -
Tabla 5. Cantidades de los componentes del hormigón	- 22 -
Tabla 6. Resultados por grupo de Resistencia de Rotura	- 57 -
Tabla 7. Resultados por grupo de Resistencia al Impacto	- 58 -
Tabla 8. Resultados Generales	- 67 -
Tabla 9. Análisis de Varianza Resistencia de rotura	- 68 -
Tabla 10. Análisis de Varianza Resistencia a la tracción	- 69 -
Tabla 11. Análisis de Varianza Energía Absorbida	- 69 -
Tabla 12. Análisis de Varianza Resistencia al impacto	- 70 -

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental se realizó con el fin de realizar un estudio a las varillas para la construcción, analizando su comportamiento frente a un incendio, simulando este hecho con alteraciones térmicas controladas y a la vez reforzándolas con un recubrimiento de hormigón siendo así en un caso de la vida real, de tal manera se determinará la afectación del material. En esta investigación se expondrán los resultados de la caracterización de las propiedades mecánicas (tracción, impacto y metalográficas) del material con recubrimiento de hormigón, los ensayos mecánicos se han realizado bajo las normas (ASTM E8/E8M-16a) para tracción, (ASTM E23) para impacto. Para la preparación de las probetas que han sido ensayadas se tomó una dosificación específica para el recubrimiento, estas fueron diseñadas como especie de viga con las medidas de (15x15)cm de base y 46 cm de largo, luego de su proceso de curado fueron expuestas a temperaturas de 650°C, 800°C y 950°C, por un tiempo de 30 minutos una vez alcanzada cada temperatura, posteriormente fueron enfriadas bruscamente en un tanque con agua a temperatura durante 5 minutos, a continuación se procedió a desprender el hormigón y obtener las varillas que estaban dentro, para proceder a ser ensayadas. La preparación de las probetas se realizó en base a las normas antes mencionadas, por cada caso de temperatura incluyendo la estándar se tomó 5 muestras para cada grupo de tal manera que se obtuvo un resultado más preciso.

En el caso de los resultados de tracción se obtuvo que la resistencia de rotura en base a la temperatura alcanzada hasta 650°C mejorará, pero luego de alcanzar más temperatura como es el caso de 800°C y 950°C esta resistencia disminuirá considerablemente.

Para el ensayo de impacto se ha obtenido resultados más variantes, como por ejemplo a 650°C la propiedad la resistencia de impacto mejora, en el caso de 800°C disminuye su resistencia, pero no siendo menor a la resistencia estándar y a 900°C la resistencia vuelve a subir su valor siendo esta mayor a la de temperaturas anteriores. Por último, en el análisis metalográfico se ha determinado variación en sus microestructuras, las fotografías microscópicas han sido tomadas con aumentos de 100x, 200x y 500x, de tal manera que la fotografía segmentada de 100x nos permitió calcular el porcentaje de perlita y el porcentaje de carbono.

EXECUTIVE SUMMARY

The present experimental work was carried out with the purpose of carrying out a study to the rods for the construction, analyzing their behavior in front of a fire, simulating this fact with controlled thermal alterations and at the same time reinforcing them with a concrete coating being this way in a case of the real life, in such a way the affectation of the material will be determined. In this research the results of the characterization of the mechanical properties (tensile, impact and metallographic) of the concrete coated material will be exposed, the mechanical tests have been carried out under the standards (ASTM E8 / E8M-16a) for traction, (ASTM E23) for impact. For the preparation of the test pieces that have been tested a specific dosage was taken for the coating, these were designed as a beam species with the measurements of (15x15) cm of base and 46 cm of length, after their curing process they were exposed at temperatures of 650 ° C, 800 ° C and 950 ° C, for a time of 30 minutes once reached each temperature, then they were suddenly cooled in a tank with water at room temperature for 5 minutes, then the concrete was detached and obtain the rods that were inside, to proceed to be rehearsed. The preparation of the specimens was carried out based on the aforementioned standards, for each case of temperature including the standard, 5 samples were taken for each group in such a way that a more accurate result was obtained.

In the case of traction results, it was obtained that the breaking strength based on the temperature reached up to 650 ° C will improve, but after reaching a higher temperature, as in the case of 800 ° C and 950 ° C, this resistance will decrease considerably.

For the impact test, more variant results have been obtained, such as, for example, at 650 ° C the property the impact resistance improves, in the case of 800 ° C its resistance decreases, but not being less than the standard resistance and at 900 ° C the resistance increases its value again, being higher than previous temperatures. Finally, in the metallographic analysis has determined variation in its microstructures, the microscopic photographs have been taken with magnifications of 100x, 200x and 500x, in such a way that the segmented photography of 100x allowed us to calculate the percentage of pearlite and the percentage of carbon

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

Caracterización de las propiedades mecánicas (Tracción, Charpy y Metalográficas) de las varillas para la construcción con recubrimiento de hormigón frente a alteraciones térmicas controladas

1.2 Antecedentes

Las varillas para la construcción, conocidas comúnmente como acero de refuerzo son utilizadas para asimilar y soportar los esfuerzos provocados por cargas, de tal modo que siempre serán calculadas las cargas a las cuales van a ser sometidas, existen muchos tipos de varillas, una de las más comunes es la varilla recta corrugada, la cual es usada para la construcción de columnas, cimientos y lozas. [1]

El comportamiento del acero de refuerzo frente a alteraciones térmicas controladas afecta a sus propiedades mecánicas, de tal modo que mejora y disminuye sus valores, dependiendo esto del tipo de tratamiento que se le dé. En el caso de un incendio el valor de la temperatura no es controlado, pero se he realizado estudios los cuales determinan los valores alcanzados por la temperatura, de esta manera se ha determinado el comportamiento del acero en base a la temperatura. [1]

El hormigón es un material compuesto, heterogéneo, utilizado para la construcción civil, constituido por una matriz y un material de relleno, la matriz conformado básicamente por cemento y agua, y el material de relleno conformado por agregado fino y grueso, existen diferentes tipos de hormigón según el tipo de dosificación, esto quiere decir en base a las cantidades de materiales que conforman la mezcla. [2]

La resistencia del hormigón al fuego es conocida, pero no se ha determinado su coeficiente de transferencia de calor, es decir no se sabe cuan afectado se ve el acero de refuerzo que está colocado en la parte interna del hormigón, de tal manera resulta efectivo analizar el

acero de refuerzo estudiando en si sus propiedades mecánicas y como varían estas en base a los cambios de temperatura. [2]

1.3 Justificación

En la actualidad la ocurrencia de incendios en edificaciones es muy común por varias causas, por lo que es muy necesario realizar investigaciones a los materiales de una edificación para poder determinar su estado luego de haber concluido un incendio. A nivel mundial se han realizado estudios para de obtener resultados de reacción y durabilidad mediante la exposición del hormigón al fuego, también se ha hecho relevancia en el material de apoyo que en este caso es el acero de refuerzo, conocido también como varilla de acero para construcción. [1]

En la provincia de Tungurahua no existe una investigación específica que analice todas las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción, comparándolas con sus propiedades estándar de catálogo, por lo que, mediante la presente investigación se pretende obtener resultados comparativos y a la vez determinar si este elemento podría continuar o no en uso. En la ciudad de Ambato existen varias edificaciones que se han construidos en los últimos años, este estudio se basa en el tipo de varillas que son ocupadas comúnmente para este tipo de construcciones, también se tomara en cuenta variables como el tiempo y temperatura, estos datos serán obtenidos directamente de la “Compañía X1 Estación de Bomberos Ambato.” Los beneficiaron del presente trabajo de investigación serán la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero (CFPMC) de la provincia de Tungurahua, de tal manera que, de ser un estudio único, esta investigación servirá de aporte a cada uno de los investigadores para respaldar su proyecto de forma bibliográfica y poder comparar las propiedades mecánicas de la varilla antes y después de un incendio. [2]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción frente a alteraciones térmicas controladas.

1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Exponer las probetas a temperaturas de 650°C, 800°C y 950°C durante un tiempo estimado de 30 minutos en cada caso.
2. Efectuar un enfriado brusco de las probetas y prepararlas para los diferentes tipos de ensayo.
3. Realizar los ensayos de tracción, impacto y análisis metalográfico a las probetas que han sido expuestas a cada una de las temperaturas.
4. Obtener resultados de las propiedades mecánicas de las varillas luego de su exposición térmica y compararlos con sus propiedades estándar.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación teórica

Influencia de la temperatura en el comportamiento mecánico de los metales

Las propiedades mecánicas del acero varían en función de la temperatura, de tal modo que estos aumentan o disminuyen sus valores dependiendo el caso, entre los aspectos más importantes en el comportamiento mecánico están:

- La ductilidad
- La resistencia mecánica

Estas dos propiedades son dependientes de la temperatura a la cual sean sometidas, por ejemplo, existen tratamientos térmicos como el revenido, el temple, el recocido, etc., los cuales se basan en alteraciones térmicas controladas y también el tipo de enfriamiento que se le puede hacer al material luego de ser tratadas térmicamente. [3]

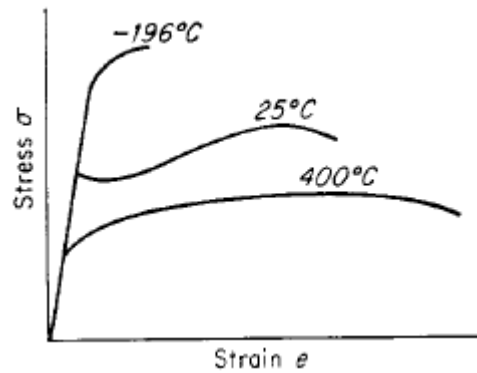


Figura 1. Influencia de la Temperatura en el acero al carbón [4]

En la Figura 1 se puede apreciar la variación de tensión en cuanto a la variación de temperatura.

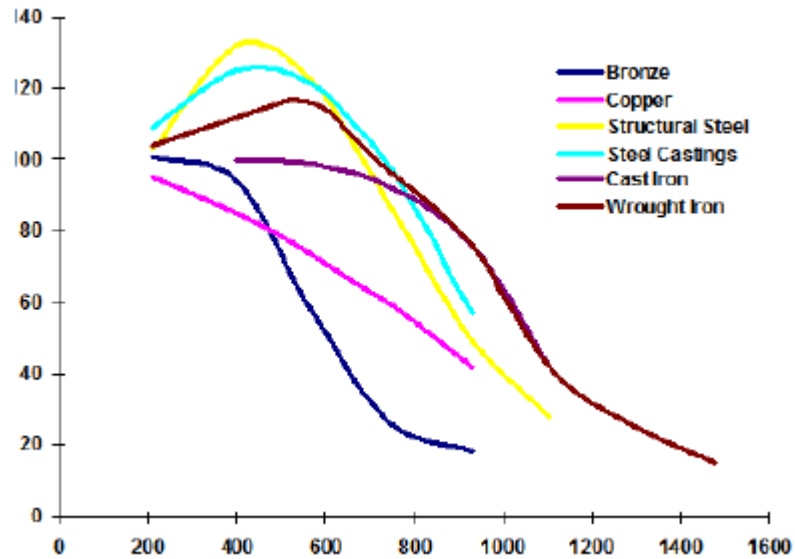


Figura 2. Influencia de temperatura en la resistencia a la tracción de diferentes materiales. [5]

En la Figura 2 el autor demuestra que la resistencia a la tracción de algunos materiales varía, como por ejemplo el del acero estructural tiene su valor más alto alcanzar una temperatura alrededor 450 °C, luego de esto su resistencia baja progresivamente en función del aumento de temperatura. [3]

Al incrementarse la temperatura se produce nuevos sistemas de deslizamiento de otros mecanismos de deformación como el deslizamiento de bordes de grano a altas temperaturas, que disminuyen el endurecimiento pro deformación. [3]

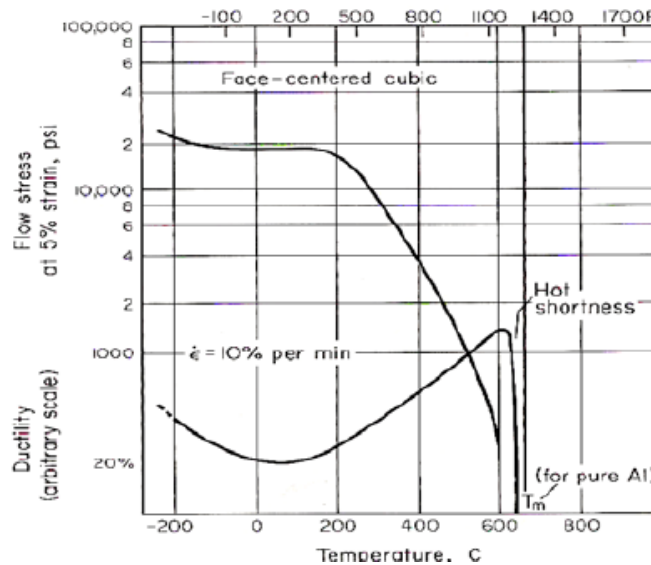


Figura 3. Efecto de la temperatura en el límite elástico y ductilidad para una aleación de Al-3.2% Mg. [4]

El esfuerzo de fluencia del Al-3.2% Mg (estructura cúbica centrada en las caras) disminuye ligeramente de 200 a 100°C, posteriormente muestra un rango de estabilidad hasta aproximadamente 150°C y después disminuye continuamente hasta la temperatura de fusión. La ductilidad disminuye hasta un mínimo, después se incrementa, justo antes del punto de fusión presenta una pérdida abrupta de ductilidad por la fusión local de regiones con impurezas, generalmente límites de grano, esto se conoce como “Hot shortness” o “Fragilidad en Caliente”. [3]

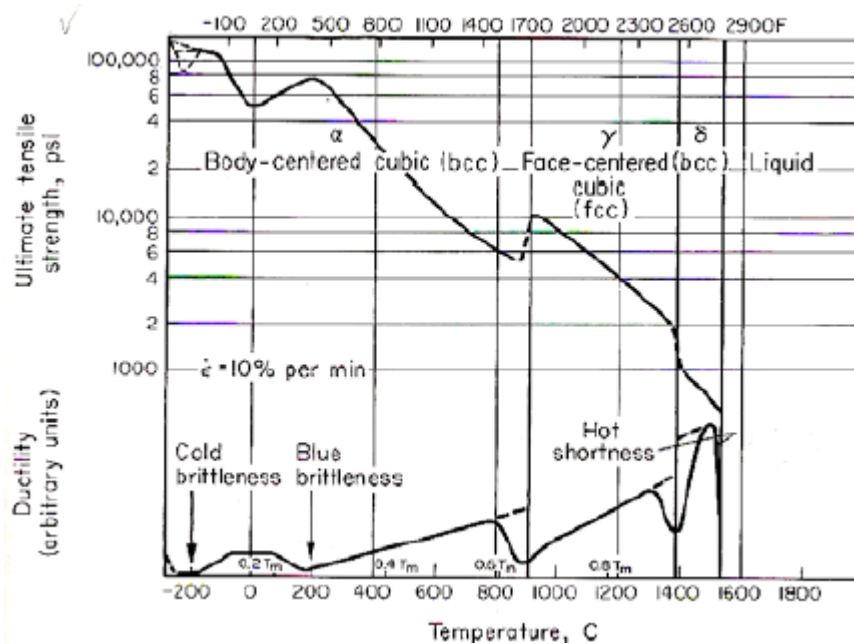


Figura 4. Ductilidad y resistencia a la tracción en función de la temperatura de un acero al carbón. [4]

Por debajo de la temperatura ambiente, se observa una región de muy baja ductilidad, debido a la transición dúctil-frágil que se presenta de -250 a -150°C dependiendo de la composición, tamaño de grano y método de prueba. De 150 a 300°C la ductilidad cae por la “fragilidad en azul” o anclamiento de las dislocaciones por átomos de carbón, nitrógeno, etc.; se observa una estructura celular diferente que generalmente tiene muy alta densidad de dislocaciones enmarañadas. Después se incrementa la ductilidad con la temperatura pero, cuando el hierro BCC se transforma a FCC, disminuye la ductilidad y se incrementa la resistencia, debido a la falta de movilidad de los átomos de hierro al formar la estructura FCC y a la disminución del número de sistemas de deslizamiento, de 48 (BCC) a 12 (FCC).

Cuando el hierro FCC se transforma a hierro delta, se invierte la situación y la ductilidad aumenta. [6]

Temperatura Homóloga

La temperatura homóloga es usada para comparar las propiedades mecánicas de diferentes materiales en diferentes alteraciones térmicas, esta relaciona la temperatura de prueba con la de fusión, ambas expresadas en grados Kelvin. [7]

$$T_H = \frac{T_{\text{de prueba}}}{T_{\text{fusión}}}; \frac{^{\circ}\text{K}}{^{\circ}\text{K}}$$

Una vez que se relacionen los esfuerzos de fluencia de algunos materiales a una temperatura homóloga equivalente, es aconsejable determinar el efecto de temperatura en el módulo de elasticidad. [7]

Rangos de temperaturas en la deformación

T. HOMÓLOGA	CARACTERÍSTICAS
0-0.1	Fragilidad a baja temperatura
0.1-0.2	Temperatura de transición
0.2 - 0.4	Deformación en frío
0.4	Temperatura de recristalización
0.4-0.7	Deformación en tibio
0.7~0.9	Deformación en caliente
1	Fusión del metal

Figura 5. Rangos de temperaturas en la deformación. [7]

Alteraciones Térmicas

Las alteraciones térmicas son operaciones de calentamiento y enfriamiento sometidas a los aceros, con el fin de modificar sus propiedades u obtener propiedades determinadas. Generalmente estas alteraciones están relacionadas con los tratamientos térmicos.

Etapas de los tratamientos térmicos

- Precalentamiento: En esta fase se calienta al material de forma uniforme hasta alcanzar la temperatura deseada. [8]
- Permanecía de la temperatura: Una vez alcanzada una temperatura determinada, se permanecerá por el tiempo estimado según sea necesario para el tipo de tratamiento. [8]

- Enfriamiento: En este proceso se realiza el enfriado del material, el medio de enfriamiento varía de acuerdo al tipo de tratamiento, puede ser agua, aceite, salmuera, etc. [8]

Deformación Plástica

En el proceso de deformación plástica el volumen es constante, éste genera un alargamiento del material en la deformación en frío, el grano se alarga en dirección paralela y se reducen transversalmente, esto origina un aumento en el área de borde del grano. [7]

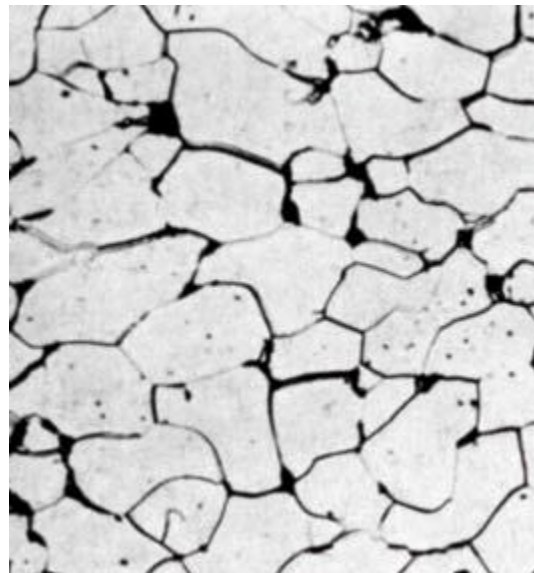


Figura 6. Acero AISI 1008, 1000X, 10% Reducción. [7]

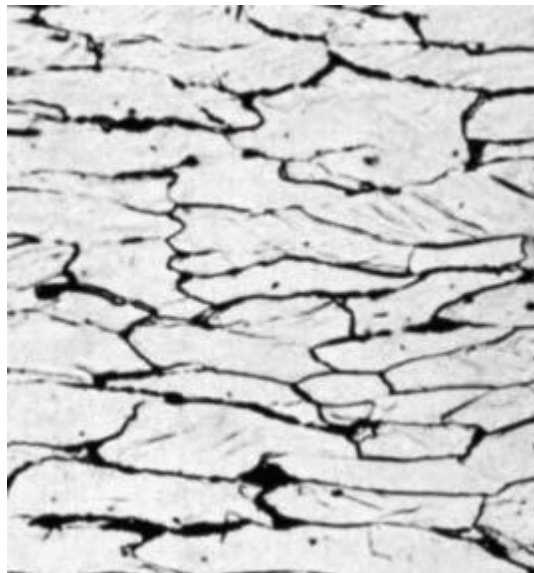


Figura 7. Acero AISI 1008, 1000X, 50% Reducción. [7]



Figura 8. Acero AISI 1008, 1000X, 80% Reducción. [7]

Estas figuras representan la microestructura de un acero 1008 con diferentes grados de deformación.

Constituyentes del Acero

El acero es una aleación de hierro con una pequeña proporción de carbono, que realaciona a aquellas propiedades mecánicas como la elasticidad y la dureza. El hierro es uno de los metales más útiles, de tal forma que se lo puede encontrar casi en todos los materiales con estructura reticular, dependiendo principalmente de la temperatura. [9]

El hierro es un metal blando azulado, con características dúctiles y maleables, su peso específico es de 7.87, su temperatura de fusión es de 1536°C a 1539°C.

Dentro los constituyentes se encuentran los siguientes:

- Ferrita: Es una solución sólida de carbono, en algunas aleaciones la ferrita contiene Ni, Cu, Al, Si, Mn en disolución sólida, su característica principal es que es el más blando y dúctil de los constituyentes del acero, su estructura se reconoce como granos monofásicos. [9]
- Cementita: Es un compuesto intermetálico, como característica principal tenemos que es el más duro de los aceros y a la vez es frágil, de tal modo este componente no funciona en aplicaciones de laminado o forjado. [9]
- Bainita: Es el crecimiento disfuncional no cooperativo y competitivo de ferrita y cementita es austenita durante la descomposición eutectoide con cementita. [9]

- Austenita: Es el constituyente mas denso, está formado por una solución sólida, se empieza a formar a partir de los 723°C, se puede obtener tambien este componente realizando un enfriamiento brusco a un acero de alto contenido de carbono. [9]
- Martensita: Es una solución sólida, este comopnente se obtiene mediante un enfriamiento brusco a los aceros, una vez que su temperatura ha sido elevada considerablemente. Su estructura es en forma de agujas y cristaliza en la area tetragonal en lugar de cristalizar en la area cúbica. [9]
- Perlita: Cada uno de sus granos estan fomrados láminas de cementita y ferrita, con un porcentaje de 86.5% y 13.5%, respectivamente, tiene altos valores de dureza y resistencia a la rotura, por otro lado tambien tiene un porcentaje de alargamiento del 15%. [9]

Varillas para la Construcción

Las varillas para la construcción son barras de acero de sección circular laminadas en caliente, estas son producidas con características que mejoran la adherencia con el hormigón. Estas varillas son encargadas de soportar y asimilar los esfuerzos a los que el hormigón está expuesto, esfuerzos de flexión y tracción, y a que este no sería capaz de soportarlos. [10]

En la vida cotidiana nos encontramos rodeados de materiales de todo tipo, estos son elegidos según a su resistencia mecánica, como desde algo tan simple como el soporte de un televisor hasta algo más complicado como una estructura metálica que resistirá un puente, en ambos casos los materiales estarán sometidos a esfuerzos los cuales son determinados mediante diferentes tipos de ensayos mecánicos. [10]

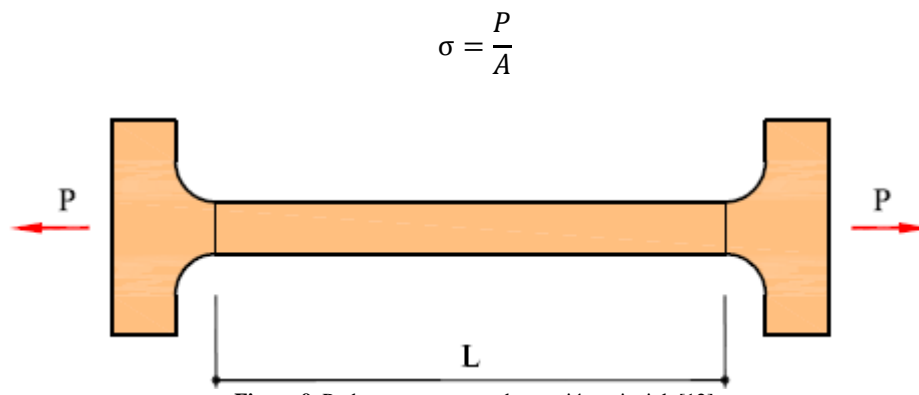
Ensayo de Tracción

El ensayo de tracción es uno de los ensayos mecánicos que consiste en aplicar un esfuerzo en dirección axial, generalmente hasta la rotura del material, con el fin de determinar una o más características mecánicas como la resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material. Para este tipo de ensayo se requiere una máquina Universal para ensayos de Tracción, que sea capaz de lograr una fuerza necesaria para concebir la fractura de la

probeta, tener una velocidad controlada de aumento de fuerzas y registrar las fuerzas y alargamientos que se producen en la probeta. [11]

La probeta que va a hacer ensayada es inmobilizada en sus extremos mediante unas mordazas que nos proporciona la máquina, estas deben evitar el deslizamiento de la probeta y de igual manera no deben afectar en el ensayo provocando tensiones que produzcan rotura en los puntos de sujeción. Este ensayo es válido siempre y cuando la fractura de la probeta se dé dentro de la longitud calibrada en la parte central de la probeta. [11]

Para caracterizar las propiedades mecánicas que se obtienen de este ensayo se debe tomar como referencia las medidas primitivas de la probeta, se transforma la fuerza en carga y el alargamiento en deformación. [12]



De tal forma que se obtendrá una curva de Carga vs deformación, los criterios más importantes son tensiones (N/mm^2 o MPa), Módulo de elasticidad y deformación o alargamiento (%).

- Esfuerzo de tracción (σ). - Se obtiene de la relación de la fuerza de tracción soportada por la probeta, dividida por área perpendicular a la fuerza. [13]
- Límite elástico (S_y). - Es la máxima carga que el material es capaz de soportar antes de entrar en zona plástica, es decir en donde el material puede regresar a su estado normal, manteniendo sus propiedades iniciales, se mide fuerza por unidad de área, generalmente N/m^2 o MPa. [13]
- Resistencia a la tracción (S_{ut}). - Tensión máxima de tracción que ha soportado la probeta durante el ensayo. [13]

- Tensión de tracción a rotura (σ_r). - Tensión de tracción soportada por la probeta en el momento de su rotura. [13]
- Módulo de elasticidad o Módulo de Young. - Es la relación entre la carga realizada y la deformación adquirida en el tramo lineal de la curva tensión-deformación (región elástica). Sus unidades son MPa o N/mm². Se calcula mediante la tangente a la recta en el tramo lineal. [13]
- Alargamiento (Δl) y deformación (ϵ). - Δl es la diferencia de longitudes entre la final y la inicial para determinar cuál fue el porcentaje de elongación del material, provocado por la fuerza de tracción y se expresa en unidades de longitud, generalmente en milímetros. La elongación se define como $\Delta l/l_0$, en donde l_0 es la longitud inicial antes de aplicar la carga y es adimensional. Usualmente, la deformación se expresa como porcentaje. Generalmente se calculan tres tipos de deformaciones: [13]
 - deformación en el límite elástico
 - deformación a la tensión máxima
 - deformación a la rotura

Generalmente se da la deformación en el límite elástico convencional o en el punto de fluencia convencional que corresponde al 0.2% de elongación.

Ensayo Charpy

El ensayo de resistencia al choque, más conocido como ensayo Charpy permite determinar la energía absorbida en la rotura de una probeta normalizada producida por un golpe seco de un martillo en una caída péndula. [14]

Este es un ensayo dinámico en donde la probeta se rompe, esta probeta debe ser preparada en base a una norma con la cual se va a realizar el ensayo, una de los aspectos más importantes es el entallado también como ranura en donde la probeta debe fracturarse. De este ensayo se obtienen valores como la energía absorbida en el momento del impacto, más conocida como la tenacidad de un material, y definida mecánicamente como la capacidad de absorción de energía en la zona plástica antes de efectuarse la fractura. [15]

El ensayo de flexión por medio del péndulo Charpy, se representa en la Figura 10, donde la magnitud de trabajo de deformación y fractura se determina por la diferencia de energía

potencial del péndulo en el momento inicial (ángulo de elevación α) y final del ensayo (ángulo de elevación β). [15]

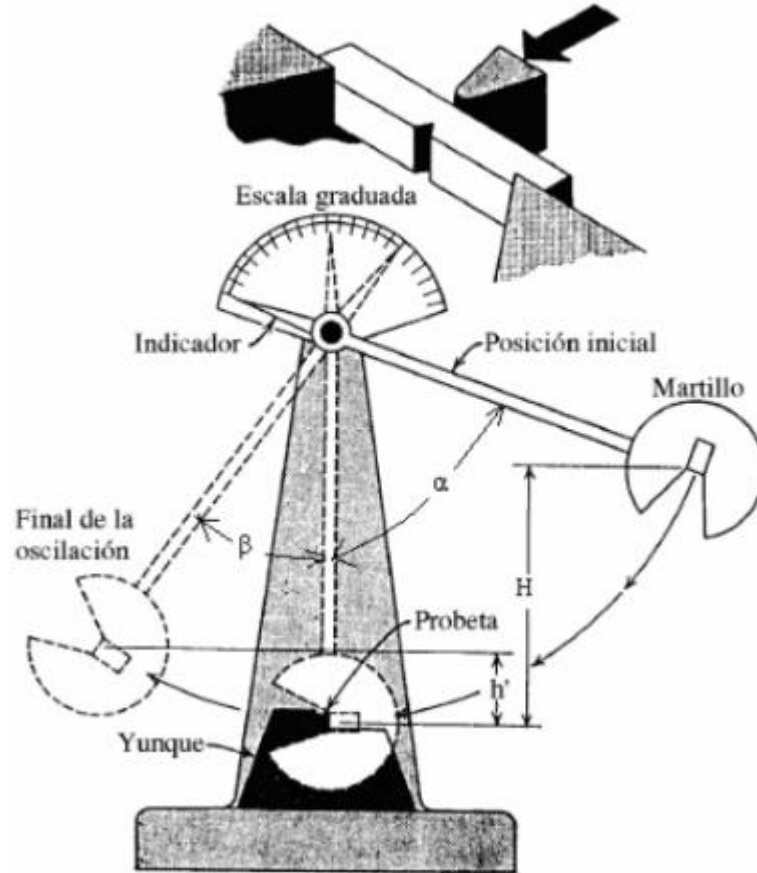


Figura 10. Ensayo a flexión con el péndulo Charpy [15]

Ensayo metalográfico

Este ensayo nos permite determinar el tamaño y estructura de grano, determinación de espesor de recubrimiento, calidad de tratamiento térmico, calidad de soldadura, y revestimiento, conteo de fases, etc., mediante el análisis microscópico, la norma más común para realizar este tipo de análisis es la ASTM E3. [11]

Para realizar este análisis se debe seguir el siguiente proceso.

a) Toma de muestras

Para tomar una muestra se debe realizar un corte u obtener un pequeño pedazo del material el cual va a ser analizado.

b) Encapsulado

En este proceso se combina la bakelita y el pedazo material tomando en cuenta que este debe estar en la superficie de la cápsula, de esta manera la muestra será mas manejable.

c) Pulido

Luego de encapsular la muestra se procede a pulir el pedazo de material mediante un proceso lijado con lijas de agua y paños de lana, de tal modo que se obtenga una especie de espejo en el pedazo de material.

d) Ataque Químico

Una vez pulida la probeta, se continua con el proceso realizando un ataque con un químico revelador como por ejemplo el Nital II y IV, durante un tiempo determinado.

e) Vista microscópica

Posteriormente al ataque, se limpia y seca la muestra para proceder a tomar las fotografías microscópicas en la cual se podrá apreciar la estructura del material.

Efectos de incendios en estructuras de hormigón armado

Los incendios son una amenaza para la vida por la asfixia, envenenamiento y temperaturas elevadas, pero de producirse en un edificio el peligro aumenta por la propia edificación del mismo. En una zona abierta es común superar los 700°C como temperatura alcanzada durante el incendio, y en zona cerrada la temperatura máxima alcanzada roza los 900°C. [16]

El hormigón comienza a deteriorarse a temperaturas superiores a los 380°C en periodos prolongados de tiempo. A los 400 °C se produce una pérdida de resistencia entre 15-25 %, según sea de áridos calizos o silíceos. Por encima de los 800°C, deja de poseer una resistencia a la compresión viable, y se debilitará en mayor medida al enfriarse cuando se apague el fuego. [17]

2.2 Hipótesis

Las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente en función a las alteraciones térmicas controladas; en base a esto se determina las siguientes variables.

2.1.2 Señalamiento de variables de la hipótesis

Las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente en función a las alteraciones térmicas controladas; en base a esto se determina las siguientes variables.

Variable Independiente. Varilla para construcción sometida a alteraciones térmicas controladas.

Variable Dependiente. Propiedades mecánicas

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

3.1.1 Experimental

Este tipo de proyecto pertenece al tipo de investigación experimental, ya que, mediante la observación, indicadores, registro y comparación de datos obtenidos luego de realizar el experimento, se determinará el cambio de propiedades mecánicas (tracción, impacto y metalográficas) de las varillas para la construcción.

3.1.2 Descriptivo

La investigación descriptiva permitirá determinar los diferentes cambios en las propiedades mecánicas y detallará la variación de cada una de ellas.

3.1.3 Cuantitativo

La investigación cuantitativa permitirá almacenar varios datos numéricos del resultado de cada una de las propiedades mecánicas luego de haber sido sometidas a las diferentes alteraciones térmicas.

3.1.4 Bibliográfica

El presente proyecto se basa especialmente en la recopilación de información en libros, artículos técnicos, normas, revistas y otras fuentes de investigación las cuales nos permitirán obtener mejores resultados y a la vez estos sean coherentes.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

El presente proyecto experimental cuenta con una población de probetas elaboradas de vigas de hormigón armado, las cuales serán sometidas a alteraciones térmicas.

3.2.2 Muestra

Para este trabajo experimental se ha estimado necesario realizar ocho probetas de las varillas para cada temperatura, las cuales estarán recubiertas de hormigón en grupos de 4 en forma de viga, de tal forma que tendremos 6 vigas de hormigón con 4 varillas cada una en su parte interna.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable Independiente:

Varilla para construcción sometida a alteraciones térmicas controladas.

Tabla 1. Variable independiente. [Autor]

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Una alteración térmica es la variación de temperatura que puede afectar físicamente a un material.	Acero de Construcción	Temperatura: – 650°C – 800°C – 950°C	Acero al carbono. Se trata del tipo básico de acero que contiene menos del 3% de elementos que no son hierro ni carbono.	Normativa NTE INEN 2167 Bibliografía Observación Fichas

3.3.2 Variable dependiente:

Propiedades mecánicas

Tabla 2. Variable dependiente. [Autor]

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Las propiedades mecánicas son las características que poseen los materiales y se muestran al momento de estar sometidos a una fuerza externa, es decir la capacidad a soportar estas, son medibles mediante ensayos normalizados.	Tracción	Resistencia a la tracción máxima	¿Cuál será la resistencia a la tracción máxima?	Normativa ASTM E8 Bibliografía Observación Fichas de recolección de información Normativa ASTM E23 Bibliografía Observación Fichas de recolección de información Normativa ASTM E3 Bibliografía Observación Fichas de recolección de
		Resistencia a la tracción en la rotura	¿Cuál será la resistencia a la tracción en la rotura?	

		Porcentaje de elongación en la fuerza máxima	¿Cuál será el porcentaje de elongación en la fuerza máxima?	información
		Porcentaje de elongación en la rotura	¿Cuál será el porcentaje de elongación en la rotura?	
	Charpy	Tenacidad del acero	¿Cuál será la tenacidad del acero?	
	Metalográfico	Características micro estructurales	¿Cuáles serán las características micro estructurales del acero?	

3.4 Plan de recolección de información

Tabla 3. Recolección de Información. [Autor]

Plan de recolección de información	
¿Qué?	Obtención de los valores de las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción.
¿Para qué?	Determinar las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción según los resultados arrojados de las diferentes alteraciones térmicas.
¿Quién?	El trabajo experimental será desarrollado por el investigador.

¿A quiénes?	Los datos ser obtendrán de los probetas a ensayar luego de haber sido expuestas a diferentes temperaturas.
¿Cómo?	Los ensayos que se realizarán se regirán a normas ASTM fichas técnicas y material bibliográfico.
¿Con qué?	La recepción de datos se efectuará mediante el uso de fichas, tablas numéricas y graficas de diferentes tipos.
¿Cuándo?	En el período septiembre 2018 a febrero 2019.
¿Cuántas veces?	El análisis, así como la creación de las probetas se realizarán 5 veces por cada uno de los diferentes casos de alteraciones térmicas incluyendo el material base.
¿Dónde?	En las instalaciones de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato. El Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

3.5 Plan de procesamiento y análisis

Los resultados obtenidos serán analizados y estudiados de la siguiente manera:

- a. Revisar de manera detallada la información tomada de los resultados de los ensayos, los cuales deben ser precisas.
- b. Realizar un listado de todos los datos obtenidos, para mayor facilidad de comparación se lo hará en tablas.
- c. Examinar e interpretar los resultados obtenidos de cada una de las propiedades mecánicas.

- d. Elaborar gráficas que nos permitan comparar con mayor facilidad la variación de las propiedades mecánicas.

3.6 Análisis e interpretación de resultados

Luego de realizar todos los ensayos propuestos se interpretarán los resultados obtenidos, de igual manera se tabularán y se realizarán comparaciones mediante gráficas y tablas de cada una de las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción.

3.7 Procedimiento

3.7.1 Adquisición de materia prima

La materia prima (varilla corrugada $d=18$ mm) para este trabajo experimental se adquirió en DIPAC, ubicada en la ciudad de Ambato, parroquia de Huachi Chico. De igual forma se obtuvo el cemento marca Holcim en Kiwi, ferretería ubicada en la ciudad de Ambato. Otros materiales como la arena y ripio para realizar la mezcla para obtener el hormigón fueron adquiridos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil

3.7.2 Dosificación del hormigón

En la tabla 4 se observa la dosificación de hormigón, en la cual especifica la cantidad exacta en kg por m^3 de los componentes del hormigón, con la cual podremos calcular nuestras cantidades de cada componente, en función del volumen total.

$$V_{\text{molde}} = (0.46 \times 0.15 \times 0.15) \text{ m}^3$$

$$V_{\text{molde}} = 0.01035 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 0.01035 \text{ m}^3 \times 6$$

$$V_{\text{total}} = \mathbf{0.0621 \text{ m}^3}$$

Para mayor seguridad aumentaremos el volumen en un 20% de tal modo que podamos tener un margen de error en las cantidades.

$$V_{\text{Final}} = V_{\text{total}} + 20\% V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{Final}} = 0.0621 \text{ m}^3 + 20\% (0.0621 \text{ m}^3)$$

$$V_{\text{Final}} = 0.07452 \text{ m}^3$$

Tabla 4. Dosificación del Hormigón. [2]

DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL					
DATOS ENSAYADOS			DATOS DE TABLAS		
fc	210	kg/cm ²	W	0.58	
Asentamiento	6-9	cm	CP (%)	POV + 2%+8%(POV)	
DRC	3.02	gr/cm ³			
DRA	2.602	gr/cm ³	DRM	2.549	kg/dm ³
DRR	2.513	gr/cm ³	POV	24.1	%
DSA	1.54	gr/cm ³	CP (%)	280.21	dm ³
DSR	1.46	gr/cm ³	C	307.65	kg
POA	41	%	W	178.44	kg
POR	59	%	A	767.78	kg
DOM	1.935	gr/cm ³	R	1067.07	kg
DOSIFICACIÓN AL PESO					
MATERIAL	CANTIDAD EN kg por cada m³		DOSIFICACIÓN AL PESO		
W	178.44		0.58		
C	307.65		1		
A	767.78		2.5		
R	1067.07		3.47		
TOTAL	2320.94		kg/m ³ Densidad del hormigón		
NOMENCLATURA					
DRC	Densidad Real del Cemento				
DRA	Densidad Real de la Arena				
DRR	Densidad Real del Ripio				
DSA	Densidad Suelta de la Arena				
DSR	Densidad Suelta del Ripio				
POA	Porcentaje Óptimo de Arena				
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio				
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla				
W/C	Relación Agua Cemento				
CP(%)	Cantidad de Pasta en %				
DRM	Densidad Real de la Mezcla				
POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos				
CP	Cantidad de Pasta				
C	Cantidad de Cemento				
W	Cantidad de Agua				
A	Cantidad de Arena				

R	Cantidad de Ripio
----------	-------------------

3.7.3 Cálculo de cantidades de cemento, arena y ripio.

Tomando en cuenta la tabla 4, basándonos en la cantidad en kg por cada m³ de hormigón, realizamos un cálculo de las cantidades de cada constituyente del hormigón.

$$V_{Final} = V_{total} + 20\% V_{total}$$

$$V_{Final} = 0.0621 \text{ m}^3 + 20\% (0.0621 \text{ m}^3)$$

$$V_{Final} = \mathbf{0.07452 \text{ m}^3}$$

Cantidad de Agua

$$W = 178.44 \text{ kg/ m}^3 \times 0.07452 \text{ m}^3$$

$$W = \mathbf{13.29 \text{ litros}}$$

Cantidad de Cemento

$$C = 307.65 \text{ kg / m}^3 \times 0.07452 \text{ m}^3$$

$$C = \mathbf{22.93 \text{ kg}}$$

Cantidad de Arena

$$A = 767.78 / \text{m}^3 \times 0.07452 \text{ m}^3$$

$$A = \mathbf{57.21 \text{ kg}}$$

Cantidad de Ripio

$$R = 1067.07 \text{ kg/ m}^3 \times 0.07452 \text{ m}^3$$

$$R = \mathbf{79.52 \text{ kg}}$$

Tabla 5. Cantidades de los componentes del hormigón [Autor]

Material	Cantidad
Agua	13.29 litros
Cemento	22.93 kg

Arena	57.21 kg
Ripio	79.52 kg

3.7.4 Construcción de Vigas

Para la construcción de las vigas se debe realizar los siguientes procesos:

- a) Tamizado de la arena y ripios



Figura 11. Tamizado del ripio. [Autor]



Figura 12. Tamizado de la arena. [Autor]

b) Mezcla de componentes del hormigón



Figura 13. Componentes del hormigón. [Autor]

c) Preparación de los moldes



Figura 14. Preparación de moldes. [Autor]

d) Mezclado de componentes en la concretara



Figura 15. Concretara. [Autor]

e) Colado de mezcla en los moldes



Figura 16. Colado de hormigón. [Autor]

f) Desmoldada de las probetas de los moldes

g) Curado de probetas



Figura 17. Curado del hormigón. [Autor]

3.7.5 Exposición de vigas a alteraciones térmicas

Una vez listas las probetas luego de los 28 días del proceso de curado se las expondrá a diferentes temperaturas (650°C, 800°C y 950°C) en un horno eléctrico, exponiéndolos durante 30 minutos una vez alcanzadas dichas temperaturas, luego de esto se realizará un enfriado brusco en un tanque de agua, la temperatura del agua deberá estar a temperatura

ambiente (22°C), el tanque deberá tener un sistema de alimentación y desfogue para que el agua pueda circular y el enfriamiento sea constante.



Figura 18. Horno a 650°C con probetas. [Autor]



Figura 19. Horno a 650°C con probetas. [Autor]



Figura 20. Horno a 950°C con probetas. [Autor]



Figura 21. Enfriamiento de las probetas en el tanque [Autor]

3.7.6 Obtención y Preparación de probetas para los diferentes ensayos

a) Destrucción de vigas

Una vez enfriadas las vigas se procederán a destruirlas para obtener las varillas.



Figura 22. Obtención de varillas. [Autor]

b) Etiquetación de probetas

Se deberá etiquetar las probetas en base a cada temperatura que fueron expuestas.

c) Preparación de probetas

Las probetas deberán ser preparadas según la norma en la que nos basaremos para cada tipo de ensayo.



Figura 23. Maquinado de probetas de impacto. [Autor]

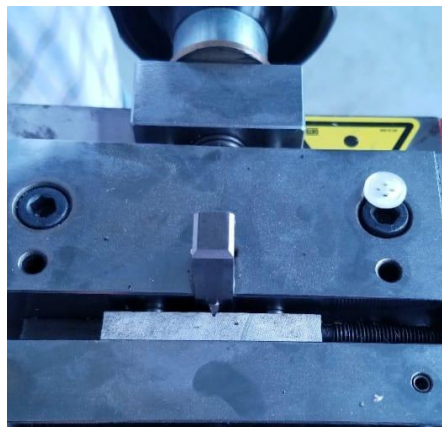


Figura 24. Entallado de probetas de impacto. [Autor]

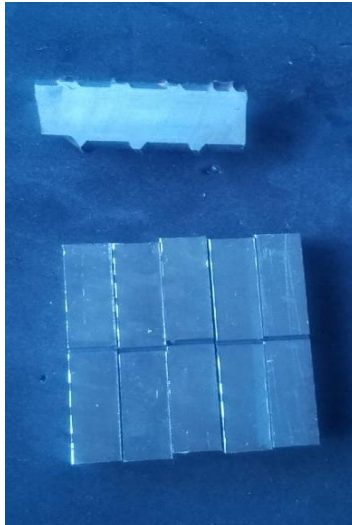


Figura 25. Probetas de impacto [Autor]

3.7.7 Ensayo de probetas

a) Ensayo de tracción

Una vez obtenida la probeta de longitud de 30mm, probeta que no fue maquinada debido que en la norma de fabricación nacional (INEN 2176) establece que deben ser ensayadas sin reducción de diámetro, tal como son laminadas, de tal manera, se procederá a realizar el ensayo de cada una de las probetas tomando como muestra 5 de cada temperatura incluyendo el material base.

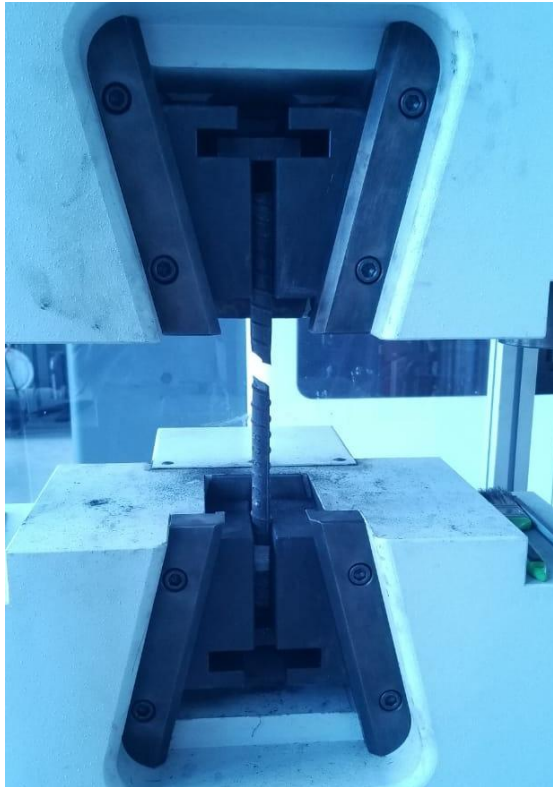


Figura 26. Ensayo de probeta de tracción. [Autor]

b) Ensayo de impacto

Una vez obtenida la probeta de 10 mm de longitud y 5 mm de ancho, se procederá a realizar en el ensayo de impacto de cada una de las probetas tomando como muestra 5 de cada temperatura incluyendo el material base.

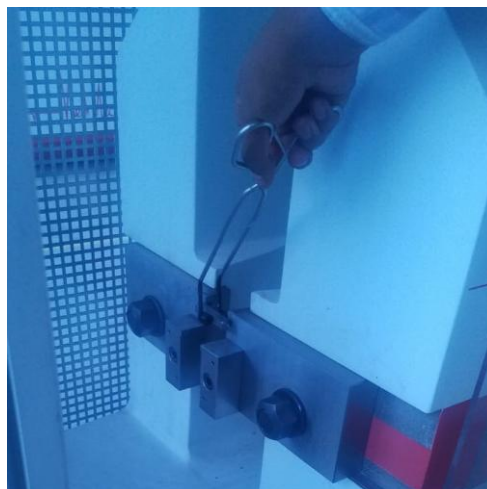


Figura 27. Colocación de probeta de impacto. [Autor]



Figura 28. Ensayo de probeta de impacto. [Autor]

a) Ensayo Metalográfico

Para este ensayo se procederá a realizar un corte transversal a las probetas tomando como muestras 2 de cada temperatura incluyendo el material base, antes de este proceso se realizará el proceso de encapsulado, pulido y ataque, para poder tomar una fotografía de la microestructura.



Figura 29. Probetas de ensayo metalográfico. [Autor]

3.7.8 Obtención y tabulación de resultados

Luego de haber realizado todos los ensayos, en el caso del ensayo de tracción y de impacto obtendremos datos numéricos los cuales deberán ser tabulados para luego ser comparados con las demás probetas de cada grupo.

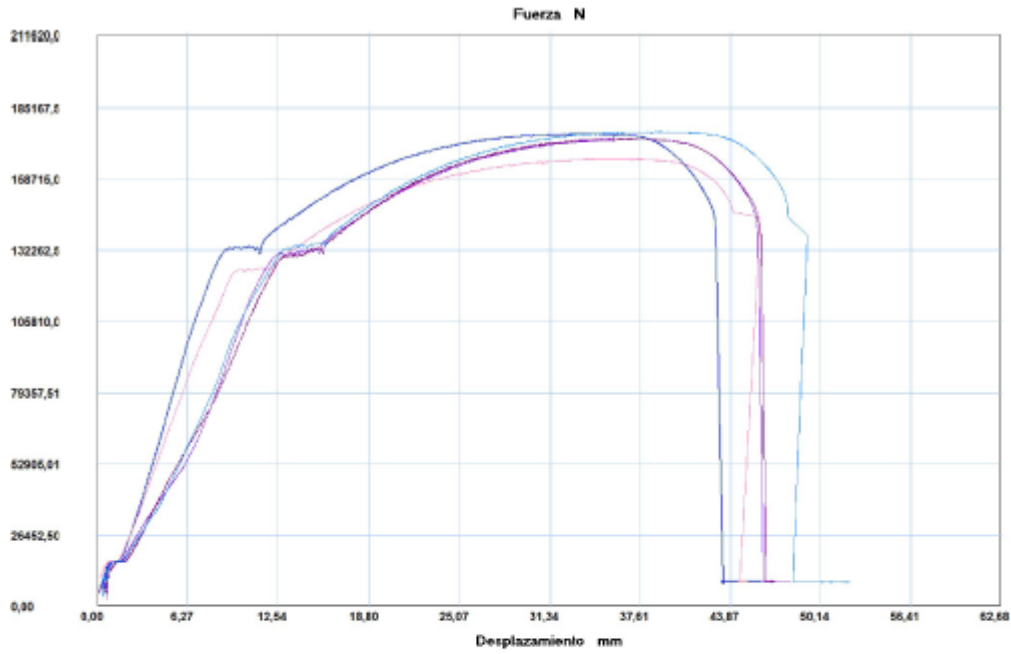
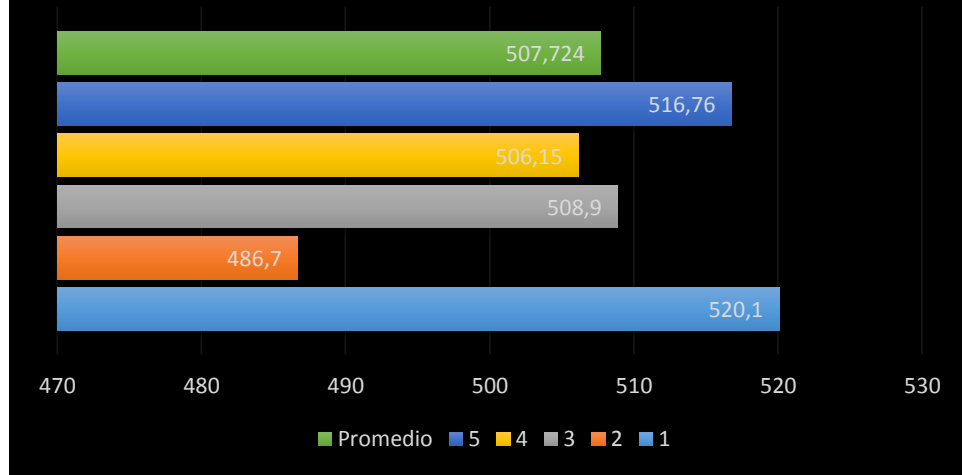
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

a. Fichas de reporte de ensayos de tracción

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN				
Realizado por:	Julio García	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM E8/E8M-16a		
Precarga:	5000 N	Estratificación:	Vacío		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica (d=18mm)	Número de probetas:	5		
Dimensiones:	300mm (longitud)	Longitud Calibrada:	200 mm		
Orientación:	Ran + 0° + 0°	Curado:	Material de fábrica		
Temperatura Curado:	Ambiente	Velocidad de ensayo:	10mm/min		
Temperatura ambiente:	24.6°C	Humedad relativa:	50.5%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Deformación a rotura (%)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	175600.02	520.10	690.06	21.32	SI
2	166100.02	486.70	652.73	21.98	SI
3	173450.02	508.90	681.62	22.79	SI
4	173650.02	506.15	682.40	22.87	SI
5	176350.02	516.76	693.01	23.94	SI
Promedio	173030.02	507.724	679.965	22.582	-
Des. Est.	4068.569	13.046	15.988	0.990	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					
Gráficas de Ensayo					

Límite de Fluencia (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	175600,02	146800,02	132350,02	690,06	576,89	520,10
2	166100,02	148300,02	123850,02	652,73	582,78	486,70
3	173450,02	145200,02	129500,02	681,62	570,60	508,90
4	173650,02	145600,02	128800,02	682,40	572,17	506,15
5	176350,02	144650,02	131500,02	693,01	568,44	516,76
Media	173030,020	146110,020	129200,020	679,965	574,176	507,724
Mediana	173650,020	145600,020	129500,020	682,401	572,172	508,903
Desv. Std	4068,569	1457,052	3319,827	15,968	5,726	13,046
Coef. V.	0,024	0,010	0,026	0,024	0,010	0,026
Máximo	176350,020	148300,020	132350,020	693,012	582,782	520,103
Mínimo	166100,020	144650,020	123850,020	652,732	568,439	486,700
Rango	10250,000	3650,000	8500,000	40,280	14,344	33,403
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	185235,730	150481,180	139159,500	727,930	591,354	546,862
-3 Sigma	160824,310	141738,860	119240,540	632,000	556,999	468,586

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN		
Realizado por:	Julio García	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM E8/E8M-16a
Precarga:	5000 N	Estratificación:	Vacío
Tipo de Probeta:	Cilíndrica (d=18mm)	Número de probetas:	5
Dimensiones:	300mm (longitud)	Longitud Calibrada:	200 mm
Orientación:	Ran + 0° + 0°	Curado:	Horno
Temperatura Curado:	650°C	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura ambiente:	24.6°C	Humedad relativa:	50.5%

RESULTADOS

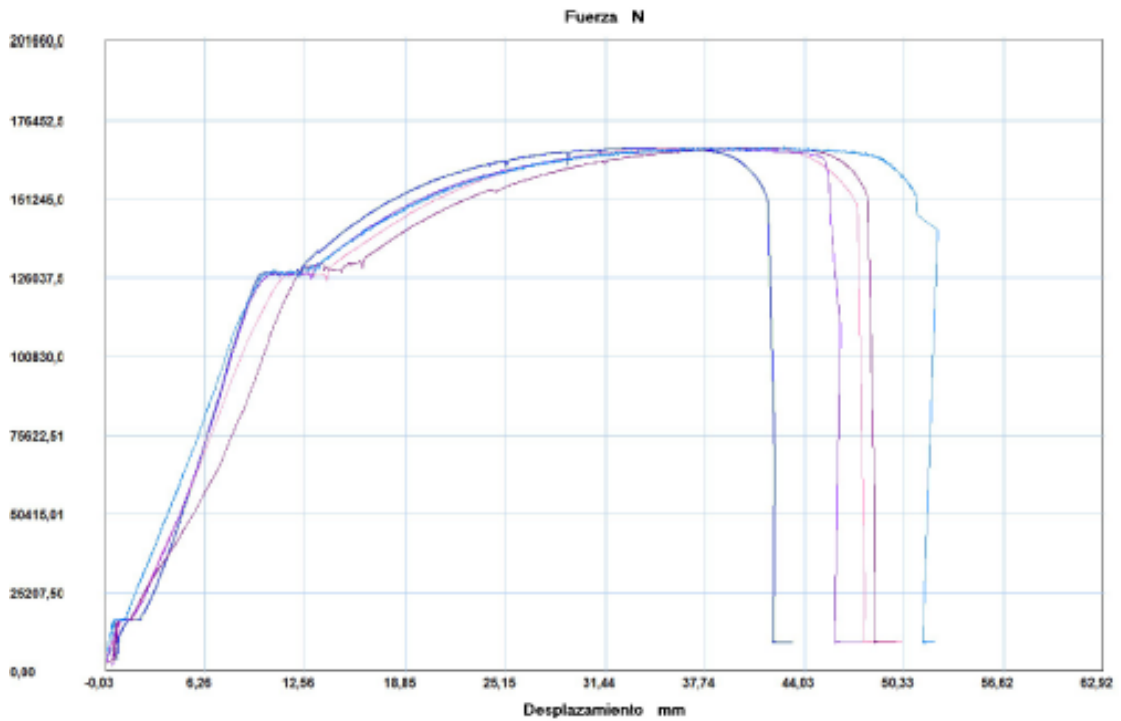
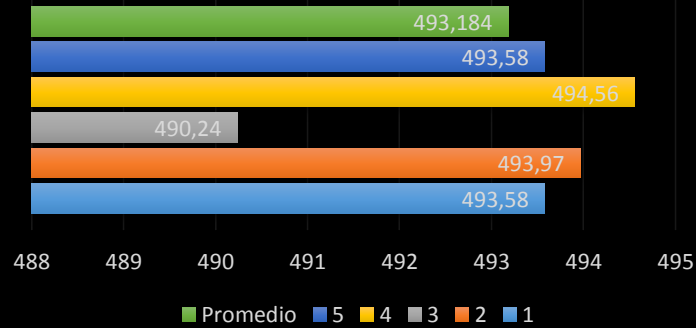
Probeta	Carga Máxima (N)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Deformación a rotura (%)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	167600.02	493.58	658.63	20.59	SI
2	167950.02	493.97	660.00	23.64	SI
3	166900.02	490.24	655.88	22.67	NO
4	167650.02	494.56	658.82	23.62	SI
5	168050.02	493.58	660.39	25.51	SI
Promedio	167630.02	493.184	658.744	23.206	-
Des. Est.	450.833	1.696	1.772	1.789	-

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Gráficas de Ensayo

Límite de Fluencia (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	167600,02	150750,02	125600,02	658,63	592,41	493,58
2	167950,02	149950,02	125700,02	660,00	589,27	493,97
3	166900,02	162800,02	124750,02	655,88	639,76	490,24
4	167650,02	159300,02	125850,02	658,82	626,01	494,56
5	168050,02	152950,02	125600,02	660,39	601,06	493,58
Media	167630,020	155150,020	125500,020	658,744	609,701	493,184
Mediana	167650,020	152950,020	125600,020	658,823	601,056	493,577
Dev. Std	450,833	5634,381	431,567	1,772	22,142	1,696
Coef. V.	0,003	0,036	0,003	0,003	0,036	0,003
Maximo	168050,020	162800,020	125850,020	660,395	639,764	494,559
Minimo	166900,020	149950,020	124750,020	655,876	589,266	490,237
Rango	1150,000	12850,000	1100,000	4,519	50,497	4,323
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	168982,520	172053,160	126794,720	664,059	676,126	498,272
-3 Sigma	166277,520	138246,880	124205,320	653,429	543,276	488,096

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN		
Realizado por:	Julio García	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM E8/E8M-16a
Precarga:	5000 N	Estratificación:	Vacío
Tipo de Probeta:	Cilíndrica (d=18mm)	Número de probetas:	5
Dimensiones:	300mm (longitud)	Longitud Calibrada:	200 mm
Orientación:	Ran + 0° + 0°	Curado:	Horno
Temperatura Curado:	800°C	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura ambiente:	24.6°C	Humedad relativa:	50.5%

RESULTADOS

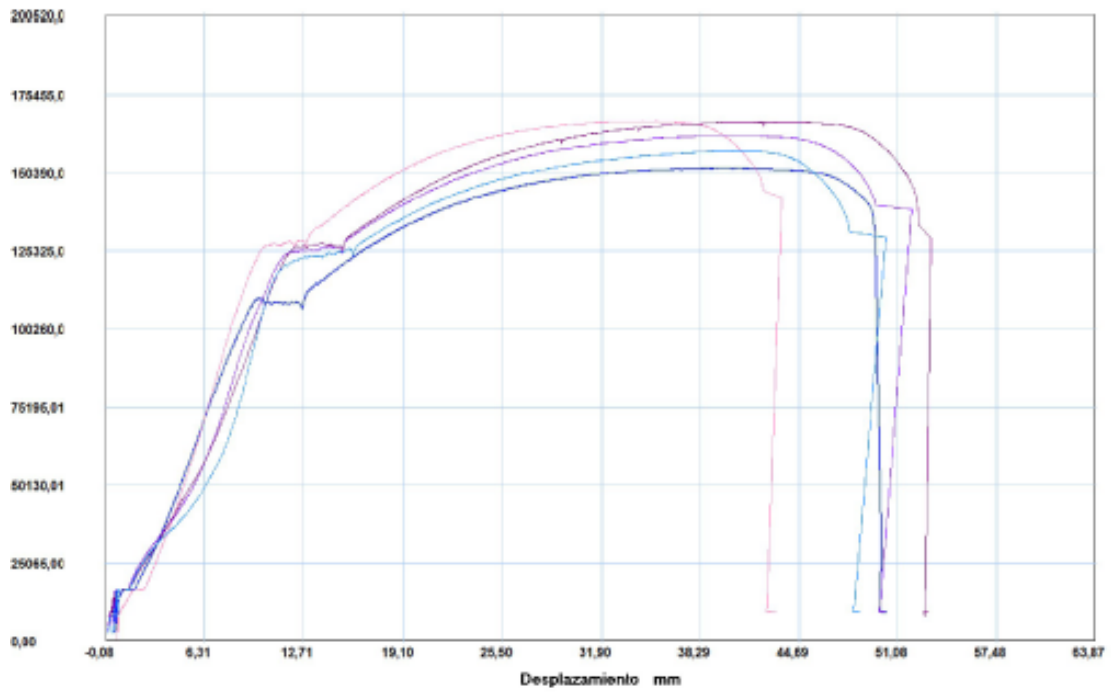
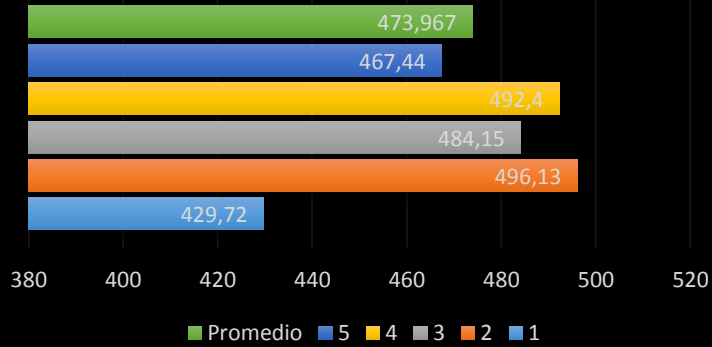
Probeta	Carga Máxima (N)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Deformación a rotura (%)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	151950.02	429.72	597.13	24.71	SI
2	167100.02	496.13	656.66	21.15	SI
3	162350.02	484.15	638.00	24.79	SI
4	166800.02	492.40	655.48	26.07	SI
5	157500.02	467.44	618.94	23.95	NO
Promedio	161140.02	473.967	633.240	24.134	-
Des. Est.	6456.140	27.088	25.371	1.834	-

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Gráficas de Ensayo

Límite de Fluencia (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	151950,02	138250,02	109350,02	597,13	543,29	429,72
2	167100,02	146700,02	126250,02	656,66	576,49	496,13
3	162350,02	141650,02	123200,02	638,00	556,65	484,15
4	166800,02	144650,02	125300,02	655,48	568,44	492,40
5	157500,02	133550,02	118950,02	618,94	524,82	467,44
Media	161140,020	140960,020	120610,020	633,240	553,938	473,967
Mediana	162350,020	141650,020	123200,020	637,995	556,649	484,145
Desv. Std	6456,140	5227,141	6893,058	25,371	20,541	27,088
Coef. V.	0,040	0,037	0,057	0,040	0,037	0,057
Máximo	167100,020	146700,020	126250,020	656,662	576,495	496,131
Mínimo	151950,020	133550,020	109350,020	597,126	524,818	429,718
Rango	15150,000	13150,000	16900,000	59,536	51,676	66,413
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-3 Sigma	180508,440	156641,440	141289,190	709,353	615,562	555,231
-3 Sigma	141771,600	125278,600	99930,846	557,127	492,314	392,703

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN		
Realizado por:	Julio García	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

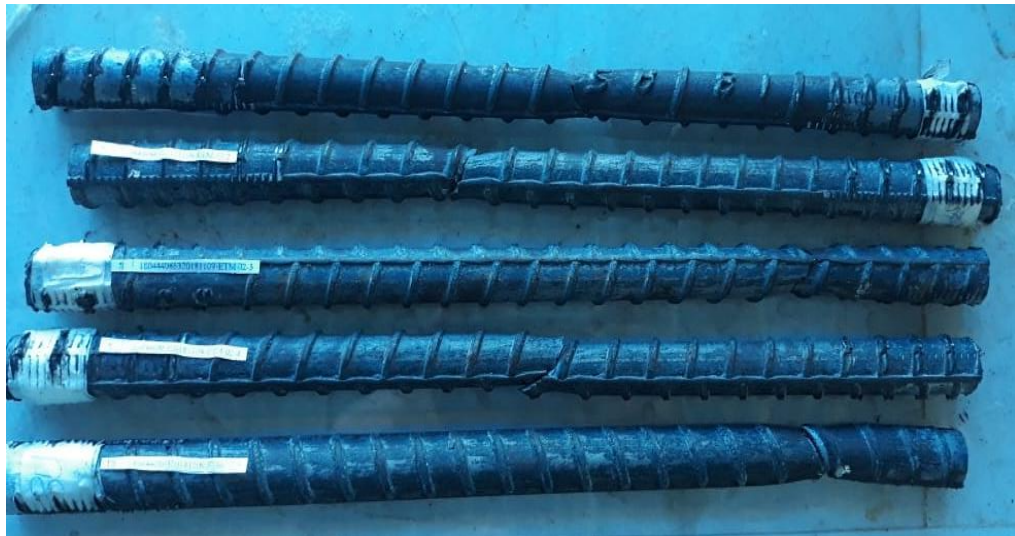
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM E8/E8M-16a
Precarga:	5000 N	Estratificación:	Vacío
Tipo de Probeta:	Cilíndrica (d=18mm)	Número de probetas:	5
Dimensiones:	300mm (longitud)	Longitud Calibrada:	200 mm
Orientación:	Ran + 0° + 0°	Curado:	Horno
Temperatura Curado:	950°C	Velocidad de ensayo:	10mm/min
Temperatura ambiente:	24.6°C	Humedad relativa:	50.5%

RESULTADOS

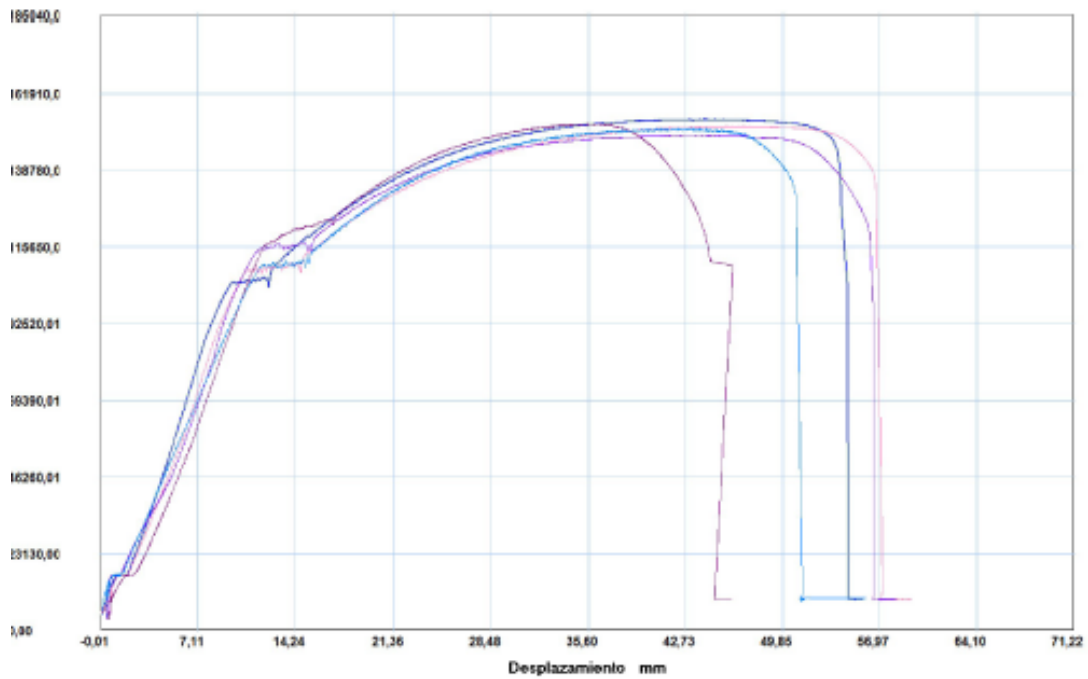
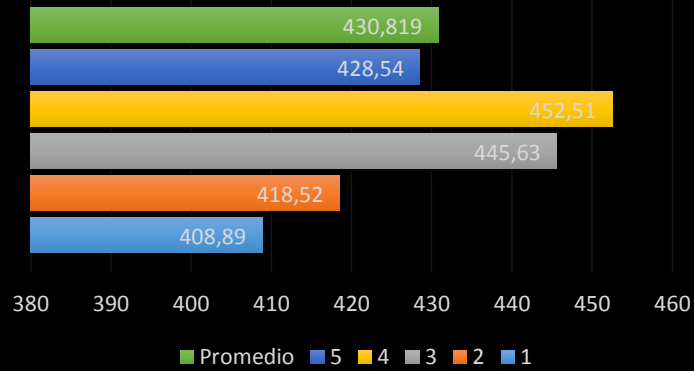
Probeta	Carga Máxima (N)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Deformación a rotura (%)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	154200.02	408.89	605.97	26.92	SI
2	152050.02	418.52	597.52	28.25	SI
3	149300.02	445.63	586.71	28.02	SI
4	152800.02	452.51	600.47	22.15	SI
5	151400.02	428.54	594.96	25.39	SI
Promedio	151950.02	430.819	597.126	26.146	-
Des. Est.	1811.077	18.217	7.117	2.504	-

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO




Gráficas de Ensayo

Límite de Fluencia (MPa)

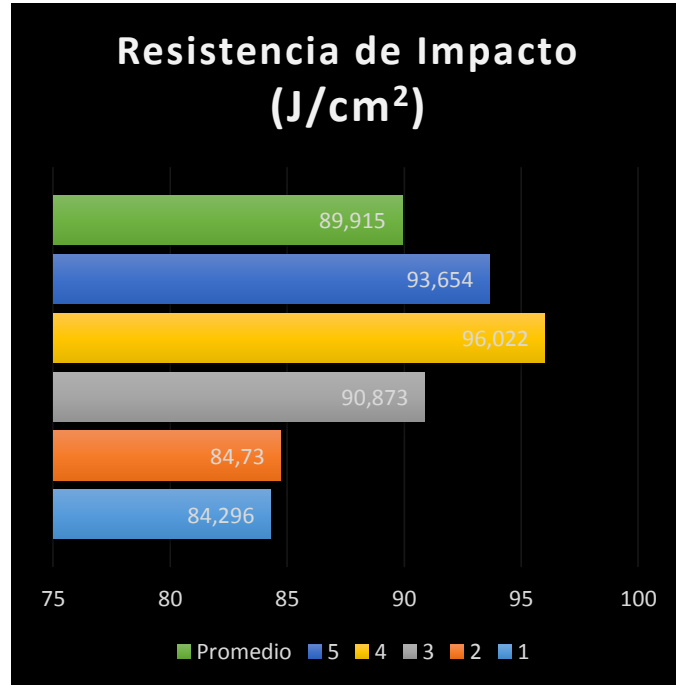


Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	154200,02	145000,02	104050,02	605,97	569,81	408,89
2	152050,02	137800,02	106500,02	597,52	541,52	418,52
3	149300,02	123100,02	113400,02	586,71	483,75	445,63
4	152800,02	117550,02	115150,02	600,47	461,94	452,51
5	151400,02	132350,02	109050,02	594,96	520,10	428,54
Media	151950,020	131160,020	109630,020	597,126	515,426	430,819
Mediana	152050,020	132350,020	109050,020	597,519	520,103	428,539
Dev. Std	1811,077	11036,836	4635,542	7,117	43,372	18,217
Coef. V.	0,012	0,084	0,042	0,012	0,084	0,042
Máximo	154200,020	145000,020	115150,020	605,968	569,814	452,511
Mínimo	149300,020	117550,020	104050,020	586,712	461,942	408,891
Rango	4900,000	27450,000	11100,000	19,256	107,872	43,620
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-3 Sigma	157383,250	164270,530	123536,650	618,477	645,542	485,468
-3 Sigma	146516,790	98049,512	95723,394	575,775	385,310	376,169

b. Fichas de reporte ensayos de impacto

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM				
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM E23		
Temperatura:	23.5 °C	Humedad Relativa:	55.5 %		
Tipo de entalle:	Tipo "V" (2 mm)	Curado:	Ambiente (Estándar)		
Dimensiones:	(55 x 10 x 10) mm	Número de probetas:	5		
Diámetro de varilla:	18mm	Geometría de dardo:	FE		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia a impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Factura de la probeta
1	0.809	69.15	84.296	70	SI
2	0.817	69.64	84.730	70	SI
3	0.815	74.58	90.873	70	SI
4	0.814	79.10	96.022	70	SI
5	0.826	77.59	93.654	70	SI
Promedio		74.012	89.915	-	-
Desviación Estándar		4.521	5.260	-	-
Coeficiente de variación CV		6.109	5.849	-	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

Gráficas de Ensayo



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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J		

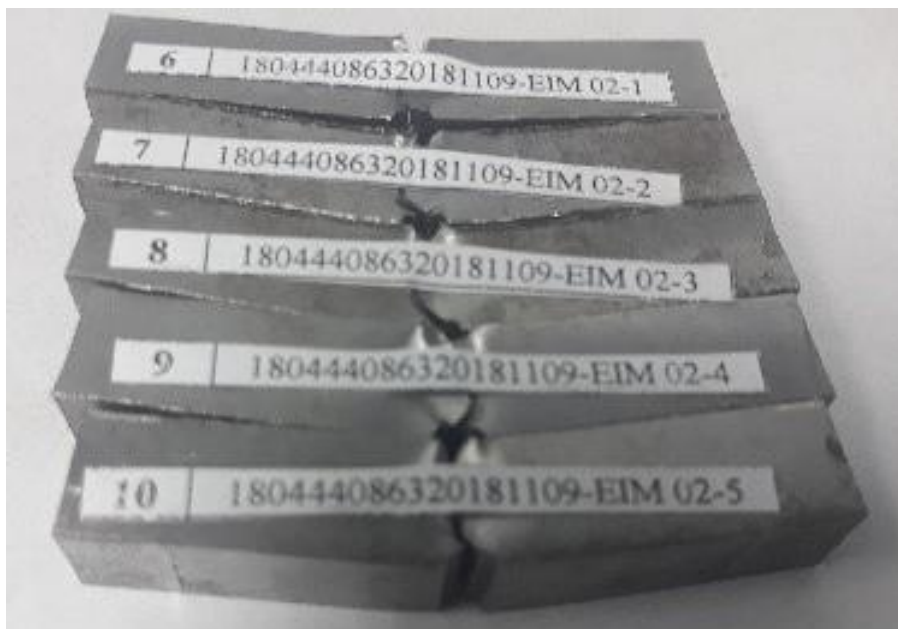
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	24.1 °C	Humedad Relativa:	54.9 %
Tipo de entalle:	Tipo "V" (2 mm)	Curado:	Horno (650°C)
Dimensiones:	(55 x 10 x 10) mm	Número de probetas:	5
Diámetro de varilla:	18mm	Geometría de dardo:	FE

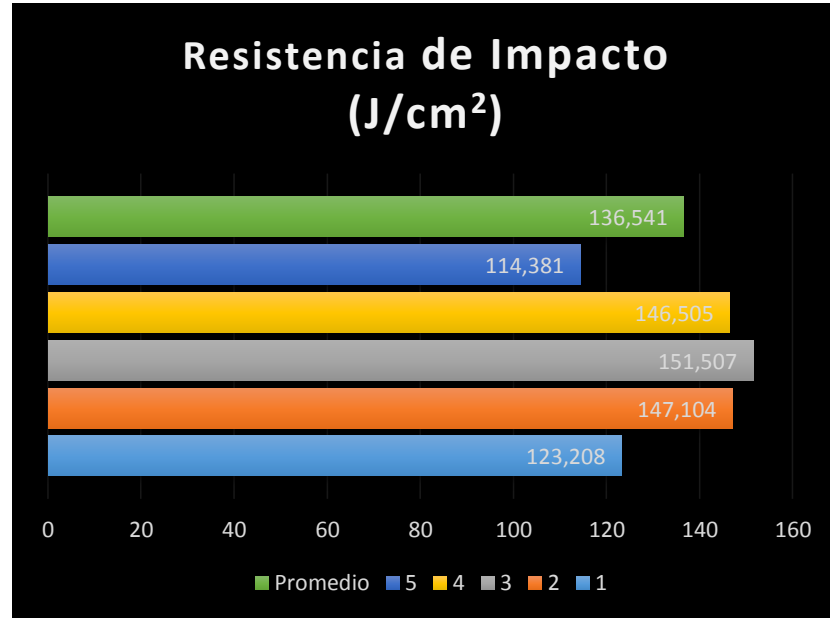
RESULTADOS

Probeta	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia a impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Factura de la probeta
1	0.801	96.42	123.208	80	SI
2	0.775	114.69	147.104	80	SI
3	0.778	118.58	151.507	80	SI
4	0.783	114.14	146.505	80	SI
5	0.782	90.43	114.381	70	SI
Promedio		106.852	136.541	-	-
Desviación Estándar		12.556	16.611	-	-
Coeficiente de variación CV		11.751	12.165	-	-

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Gráficas de Ensayo



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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	24.0 °C	Humedad Relativa:	55.6 %
Tipo de entalle:	Tipo "V" (2 mm)	Curado:	Horno (800°C)
Dimensiones:	(55 x 10 x 10) mm	Número de probetas:	5
Diámetro de varilla:	18mm	Geometría de dardo:	FE

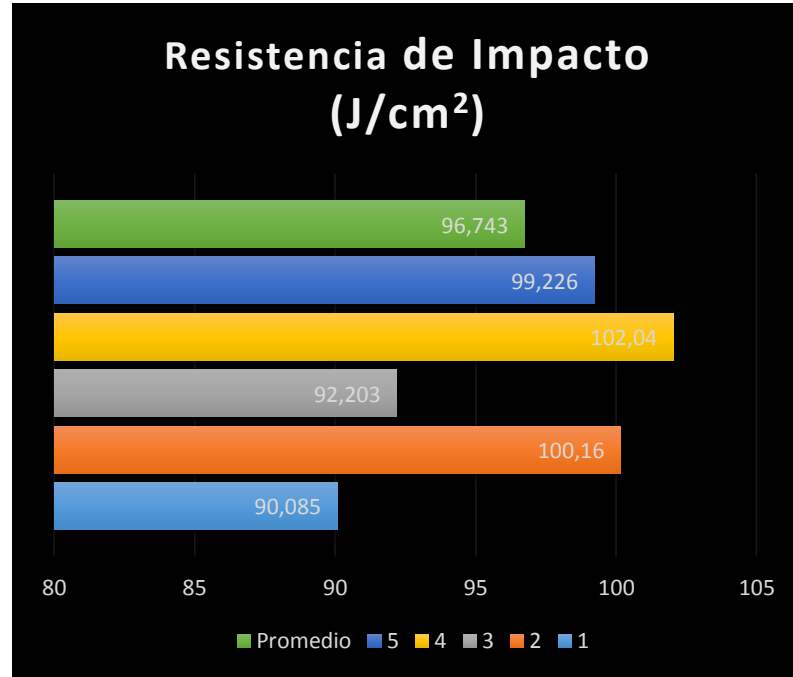
RESULTADOS

Probeta	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia a impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Factura de la probeta
1	0.807	74.08	90.085	80	SI
2	0.819	85.23	100.160	80	SI
3	0.798	76.08	92.203	80	SI
4	0.815	87.82	102.040	80	SI
5	0.807	84.72	99.226	80	SI
Promedio		81.586	96.743	-	-
Desviación Estándar		6.095	5.264	-	-
Coeficiente de variación CV		7.471	5.441	-	-

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



Gráficas de Ensayo



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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	04-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	23.1 °C	Humedad Relativa:	55.7 %
Tipo de entalle:	Tipo "V" (2 mm)	Curado:	Horno (950°C)
Dimensiones:	(55 x 10 x 10) mm	Número de probetas:	5
Diámetro de varilla:	18mm	Geometría de dardo:	FE

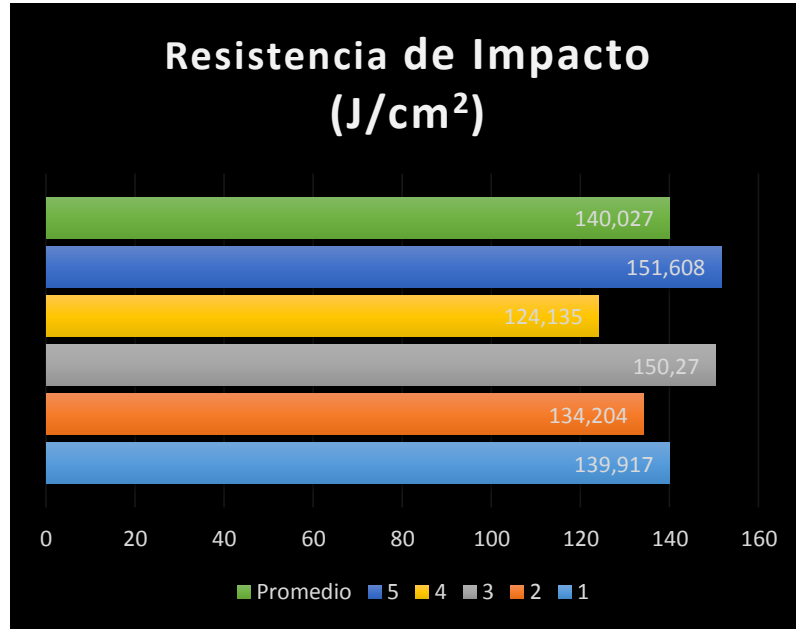
RESULTADOS

Probeta	Altura (cm)	Energía absorbida (J)	Resistencia a impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Factura de la probeta
1	0.814	114.69	139.917	90	SI
2	0.801	110.83	134.204	80	SI
3	0.8	122.50	150.270	90	SI
4	0.993	127.58	124.135	90	SI
5	0.816	125.32	151.608	90	SI
Promedio		120.184	140.027	-	-
Desviación Estándar		7.144	11.462	-	-
Coeficiente de variación CV		5.944	8.186	-	-

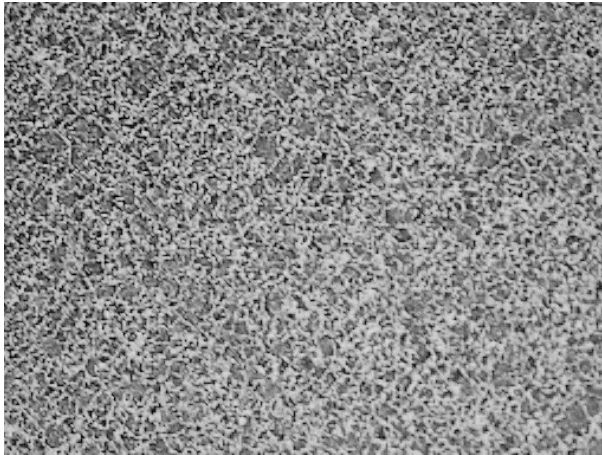
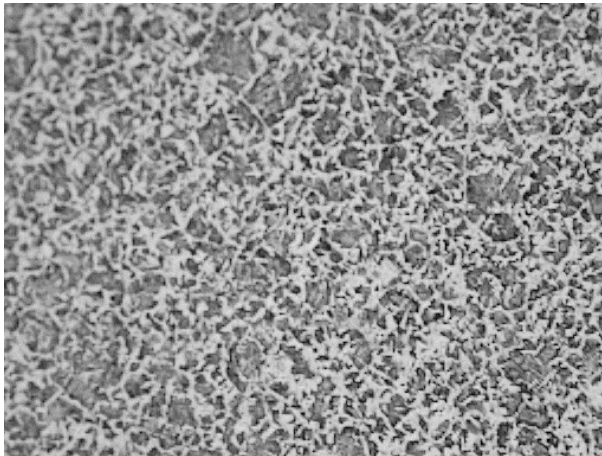
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO

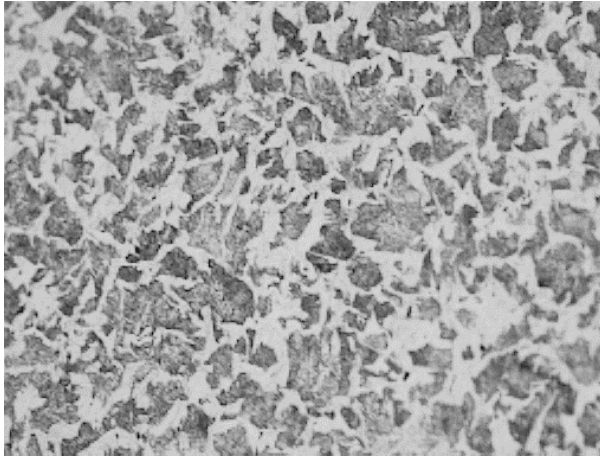


Gráficas de Ensayo



c. Fichas de reporte de ensayo metalográfico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	20-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Metalográfico	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	Ambiente (estándar)	Número de probetas:	1
RESULTADOS			
			
100 X			
			
200 X			



500 X

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

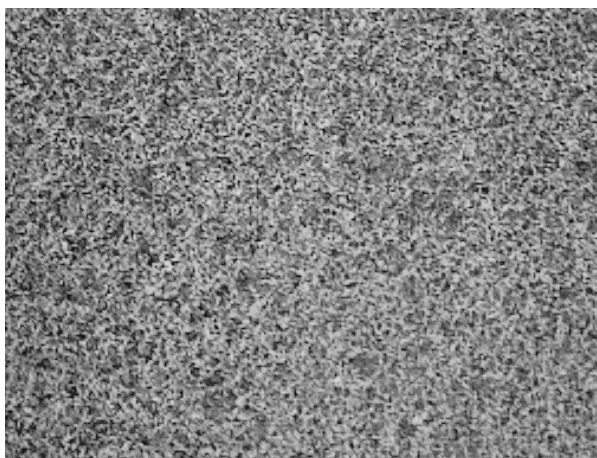
DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	20-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio		

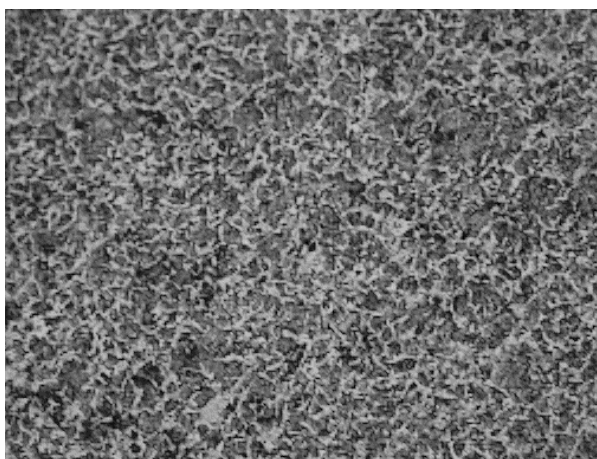
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Metalográfico	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	650 °C	Número de probetas:	1

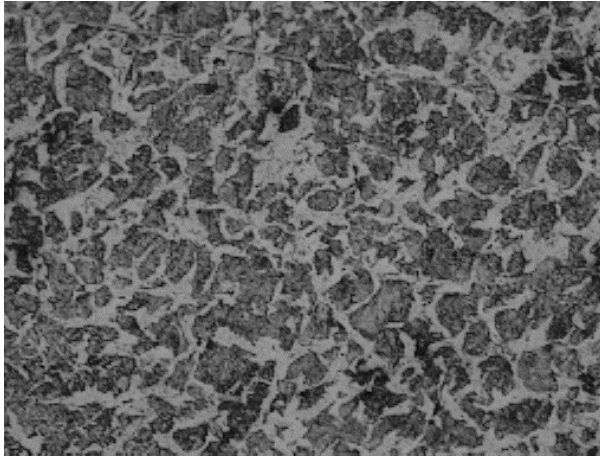
RESULTADOS



100 X



200 X



500 X

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

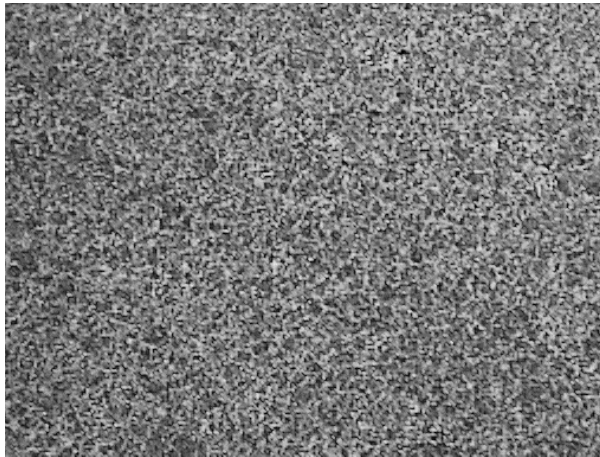
DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	20-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio		

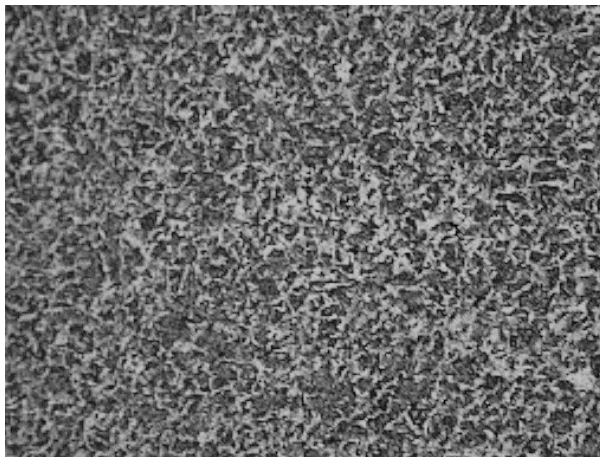
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Metalográfico	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	800 °C	Número de probetas:	1

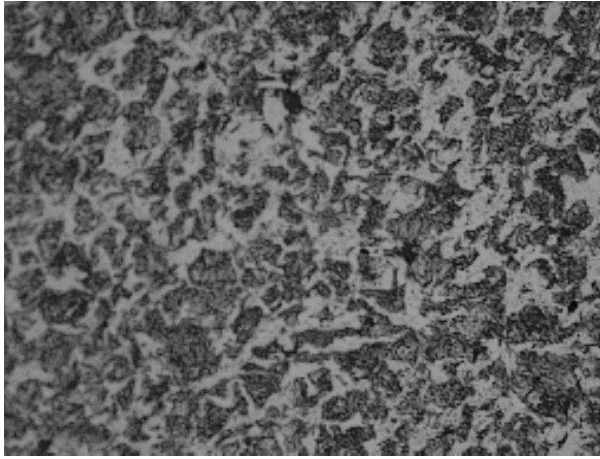
RESULTADOS



100 X



200 X



500 X

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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

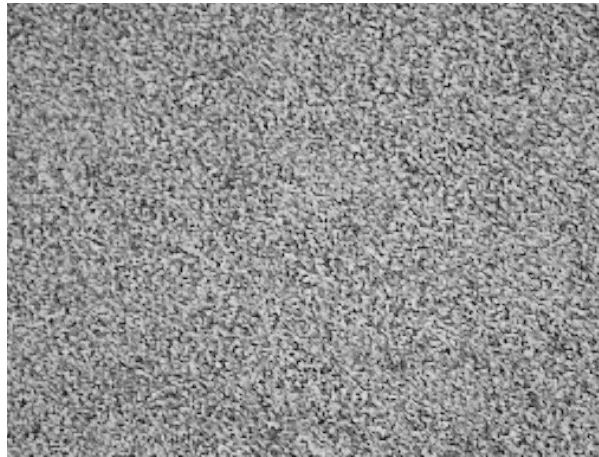
DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	20-01-2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio		

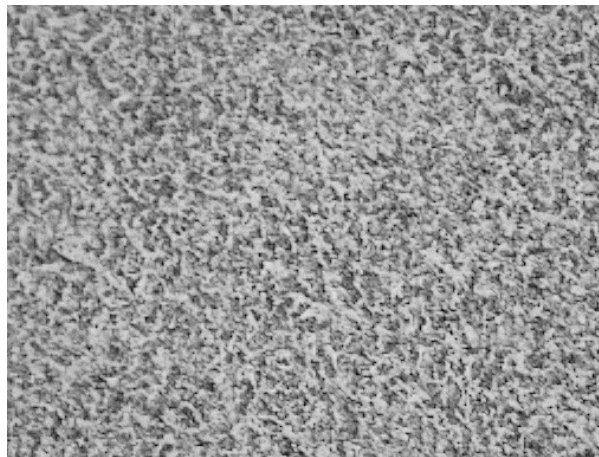
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Metalográfico	Norma:	ASTM E23
Temperatura:	900 °C	Número de probetas:	1

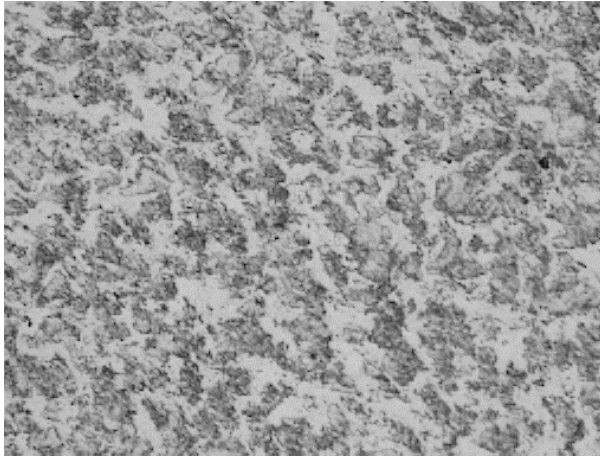
RESULTADOS



100 X



200 X



500 X

4.2 Análisis de resultados

Para este análisis de resultados se toma en cuenta el promedio de cada grupo, tanto como para el ensayo de tracción como el de impacto, de esta manera realizaremos una gráfica comparativa entre cada uno de los casos.

4.2.1 Análisis de resultados del Ensayo de Tracción

Tabla 6. Resultados por grupo del Límite de Fluencia [Autor]

Estándar	507.724 MPa
650°C	493.184 MPa
800°C	473.967 MPa
950°C	430.819 MPa

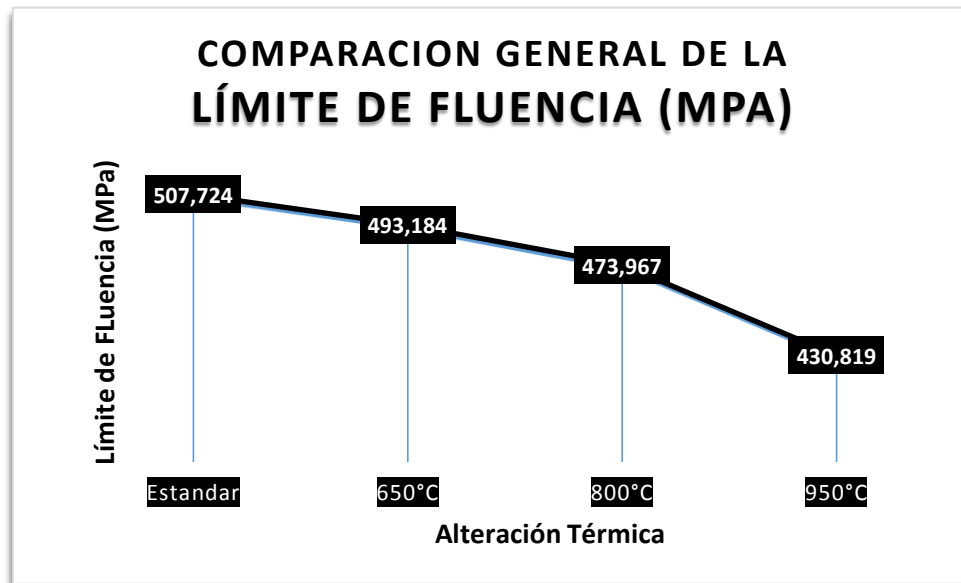


Figura 30. Comparación del Límite de Fluencia. [Autor]

Como se puede apreciar en la Figura 30 el límite de fluencia disminuye sus valores progresivamente en base al aumento de temperatura de la alteración térmica, es decir que, a partir de una temperatura de 650°C el límite de fluencia será menor que el estándar y a la vez el material perderá elasticidad siendo así un resultado afectado por la alteración térmica, alcanzando una pérdida del 15% en la máxima temperatura alcanzada.

4.2.2 Análisis de resultados del Ensayo de Impacto

Tabla 7. Resultados por grupo de Resistencia al Impacto [Autor]

Estándar	89.915 J/cm ²
650°C	136.541 J/cm ²
800°C	96.743 J/cm ²
950°C	140.027 J/cm ²

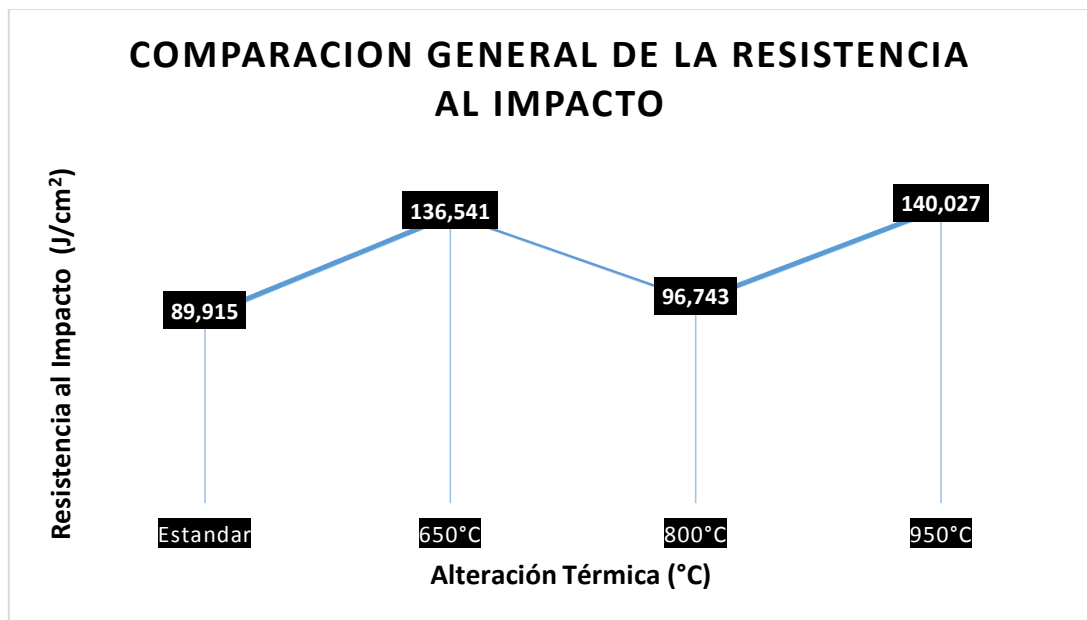


Figura 31. Comparación de la Resistencia de Rotura. [Autor]

Como se puede apreciar en la Figura 31 la resistencia de impacto varía en cuanto a las alteraciones térmicas, en el primer caso al elevar la temperatura a 650°C obtenemos una resistencia mayor, en el segundo caso al elevar la temperatura a 800°C se obtiene que la resistencia disminuye no siendo menor a la resistencia estándar, en el último caso se alcanzó una temperatura de 950°C logrando que la resistencia vuelva a subir siendo mayor que todas las demás resistencias obtenidas de temperaturas anteriores.

En el primer caso de alteración térmica se alcanzó una temperatura de 650°C, en este caso podemos decir que se asemeja a un proceso de templado del acero porque aumenta su

temperatura y es enfriado bruscamente, de modo que la tenacidad aumenta, para el otro caso en donde se alcanza una temperatura de 800°C se puede comparar con un recocido, en donde es enfriado lentamente debido a la disipación de calor del hormigón, y por ultimo cuando alcanza la temperatura de 950°C temperatura límite del temple y en la cual se obtiene mayor tenacidad.

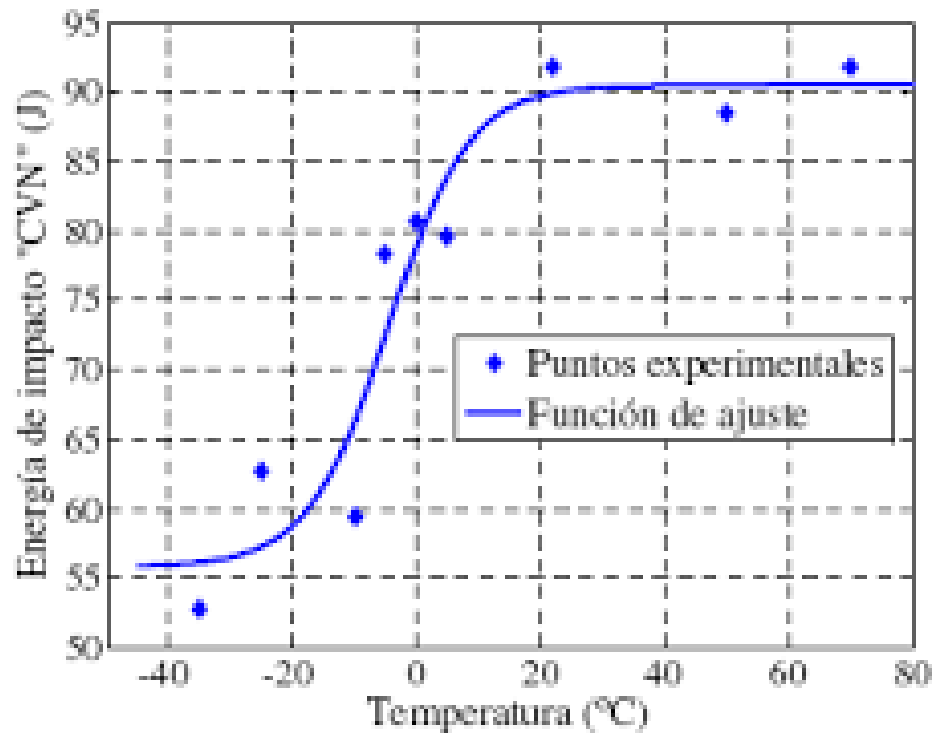


Figura 32. Relación de Energía absorbida vs Temperatura. [2]

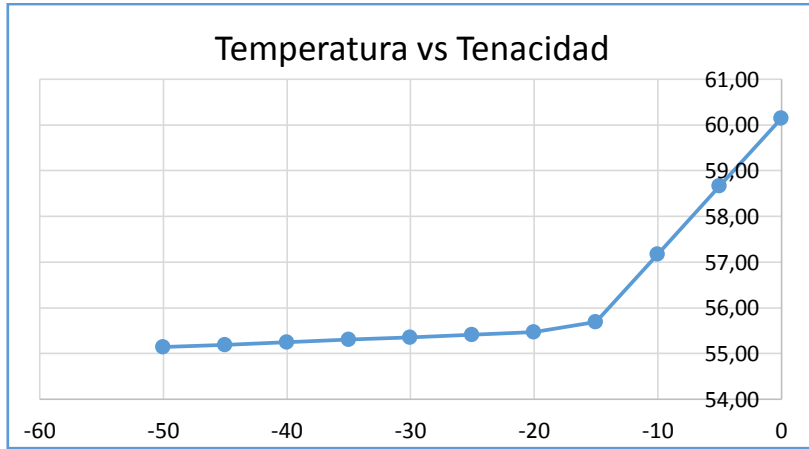
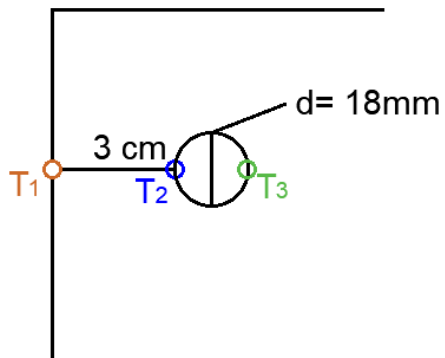


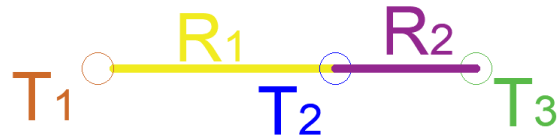
Figura 33. Temperatura vs Tenacidad bajo 0°C. [Autor]

Tabla 8. Temperatura vs Tenacidad bajo 0°C. [Autor]

Temperatura	Tenacidad
0	60.15
-5	58.67
-10	57.18
-15	55.70
-20	55.47
-25	55.42
-30	55.36
-35	55.31
-40	55.25

Análisis Térmico





$$R_1 = \frac{e}{k(A)}$$

$$R_1 = \frac{0.03m}{1.8 \frac{W}{m^{\circ}C} (0.46m * 0.15m)}$$

$$R_1 = 0.2415 \text{ }^{\circ}CW^{-1}$$

$$Q = \frac{\Delta T}{R_1}$$

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R_1}$$

$$QR_1 = T_1 - T_2$$

$$T_2 = T_1 - QR_1$$

$$T_2 = 650^{\circ}C - 14 W * 0.2415 \text{ }^{\circ}CW^{-1}$$

$$T_2 = 646.619 \text{ }^{\circ}C$$

$$R_2 = \frac{e}{k(A)}$$

$$R_2 = \frac{0.018m}{58 \frac{W}{m^{\circ}C} (0.46m * 0.018m)}$$

$$R_2 = 0.03748 \text{ }^{\circ}CW^{-1}$$

$$Q = \frac{\Delta T}{R_2}$$

$$Q = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$$

$$QR_2 = T_2 - T_3$$

$$T_3 = T_2 - QR_2$$

$$T_3 = 646.619^{\circ}C - 14 W * 0.03748 \text{ }^{\circ}CW^{-1}$$

$$T_3 = 646.094 \text{ }^{\circ}C$$

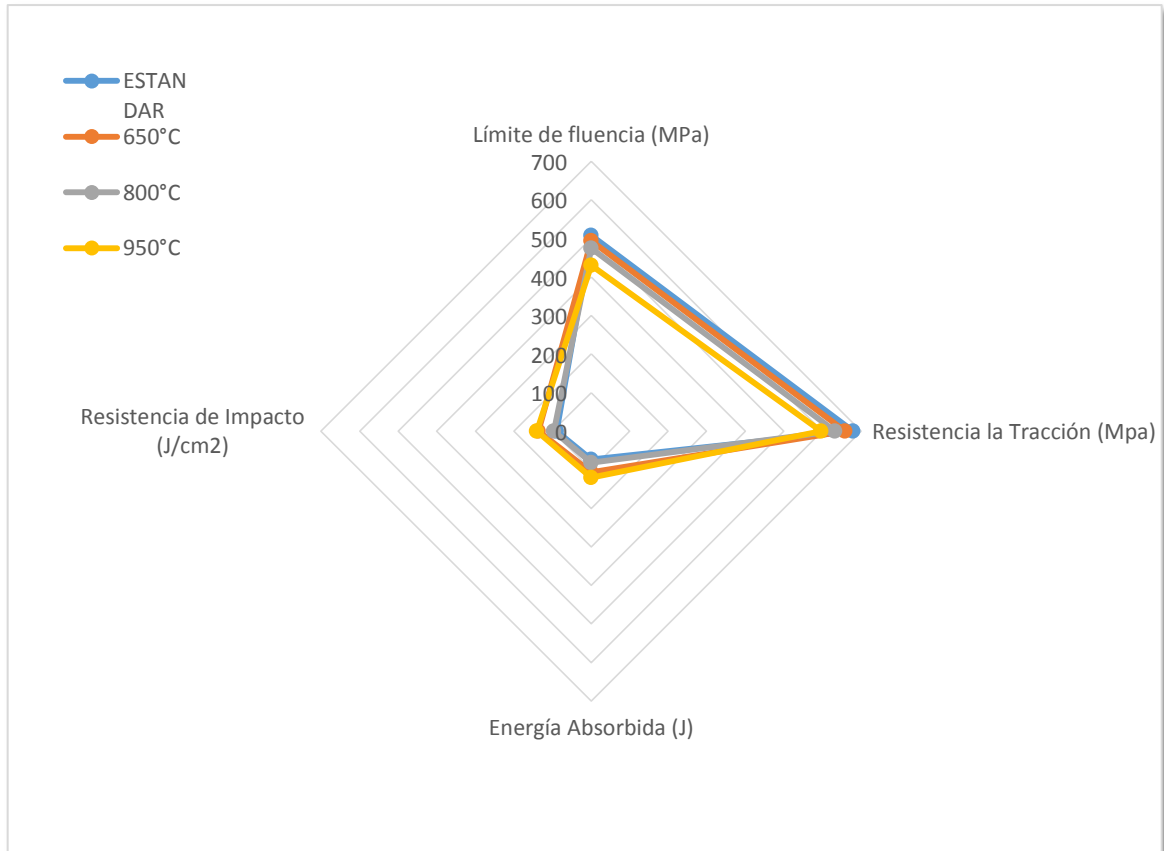


Figura 34. Comparación General de las Propiedades Mecánicas [Autor]

En la Figura 32 se puede apreciar la comparación general de las propiedades mecánicas tanto como de tracción y de impacto, para el análisis de tracción tenemos que las propiedades mecánicas se ven afectadas por las alteraciones térmicas de modo que tanto el límite de fluencia como la resistencia a la tracción bajan sus valores considerablemente a partir de una temperatura de 650°C, por otro lado, en el análisis de impacto tenemos que la energía absorbida y la resistencia de impacto varían en función de la temperatura, para 650°C sus valores aumentan, para 800°C vuelven a bajar pero no siendo menores que los valores estándar y para los 950 °C vuelven a subir sus valores significativamente mayores que los que tenemos en 650°C, siendo así los mayores de todos los grupos.

4.2.3 Análisis de resultados del Ensayo Metalográfico

Teniendo en cuenta las fotografías tomadas por el microscopio a diferentes aumentos, hemos tomado la imagen a 100X de aumento para segmentarla y poder determinar el porcentaje de perlita y de carbono.

El cálculo se las realizara mediante las siguientes fórmulas:

$$\% P = \frac{\% C - 0.008}{0,8 - 0.008}$$

$$\% C = \frac{\% P}{100} (0.8 - 0.008) + 0.008$$

Se realiza una segmentación a la fotografía de 100X, el cual nos permitirá pixelar la imagen en base a diferentes rangos.

a. Para la probeta estándar

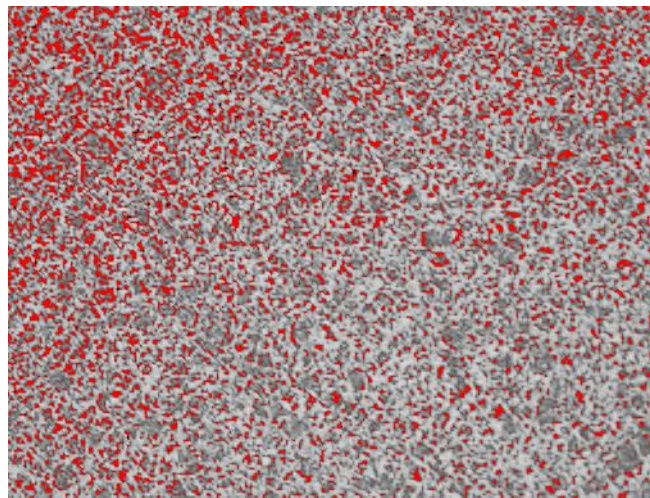


Figura 35. Segmentación probeta estandar a 100x. [Autor]

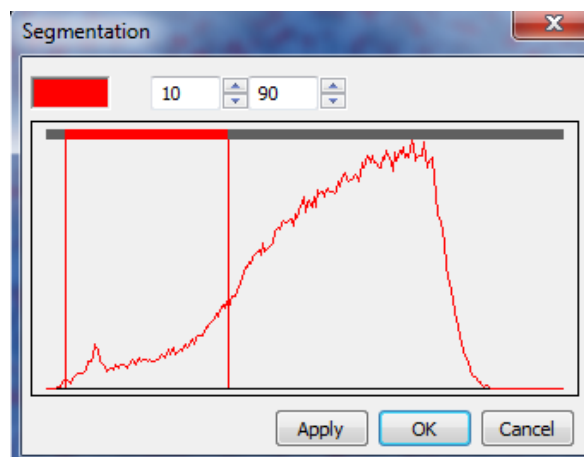


Figura 36. Rango Segmentación probeta estandar a 100x. [Autor]

Mediante estos rangos se realiza un cálculo de la siguiente manera:

$$\% P = \frac{90 - 10}{255 - 10} * 100$$

$$\% P = 32.65\%$$

$$\% C = \frac{32.5}{100} (0.8 - 0.008) + 0.008$$

$$\% C = 0.2654\%$$

b. Para la probeta de 650°C

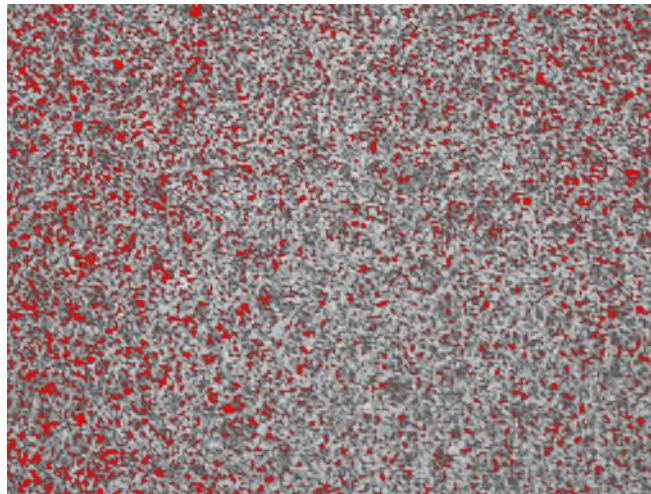


Figura 37.Segmentación probeta de 650°C a 100x. [Autor]

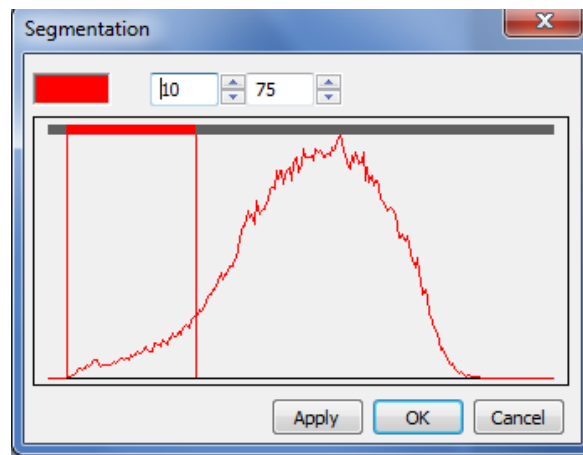


Figura 38. Rango Segmentación probeta de 650°C a 100x. [Autor]

Mediante estos rangos se realiza un cálculo de la siguiente manera:

$$\% P = \frac{75 - 10}{255 - 10} * 100$$

$$\% P = \mathbf{26.53\%}$$

$$\% C = \frac{26.53}{100} (0.8 - 0.008) + 0.008$$

$$\% C = \mathbf{0.2181\%}$$

c. Para probeta de 800°C

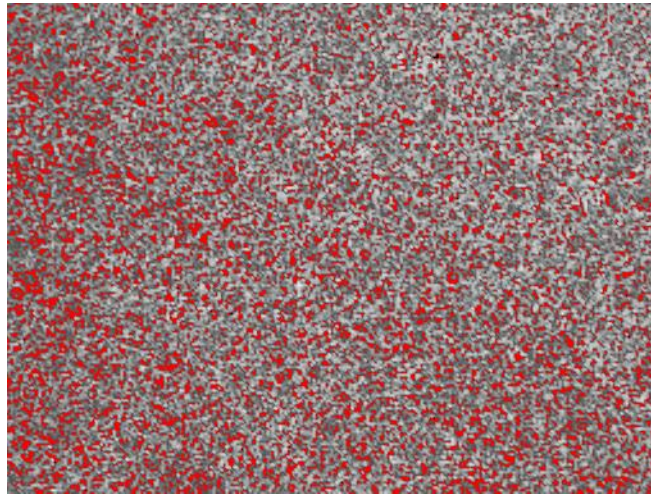


Figura 39. Segmentación probeta de 800°C a 100x. [Autor]

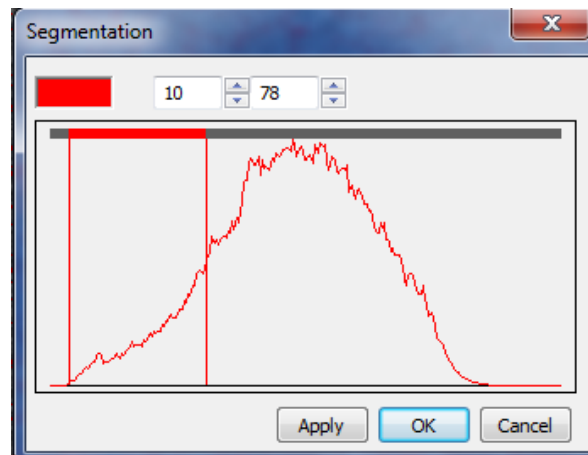


Figura 40. Rango Segmentación probeta de 800°C a 100x. [Autor]

Mediante estos rangos se realiza un cálculo de la siguiente manera:

$$\% P = \frac{78 - 10}{255 - 10} * 100$$

$$\% P = 27.75\%$$

$$\% C = \frac{27.75}{100} (0.8 - 0.008) + 0.008$$

$$\% C = 0.2278\%$$

d. Para probeta de 950°C

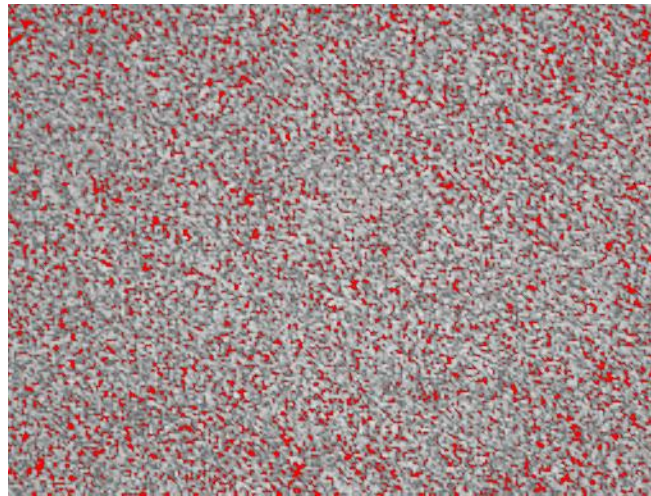


Figura 41. Segmentación probeta de 950°C a 100x. [Autor]

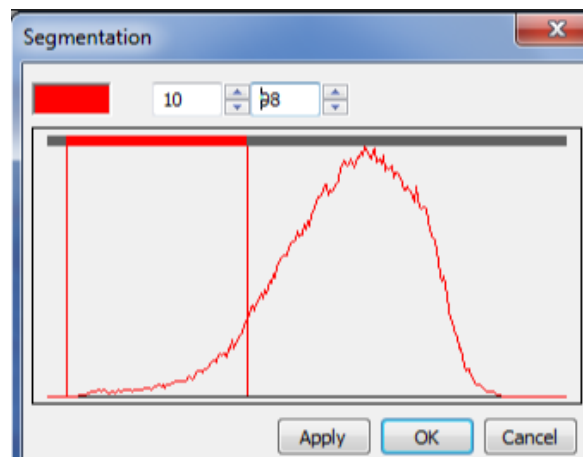


Figura 42. Rango Segmentación probeta de 950°C a 100x. [Autor]

Mediante estos rangos se realiza un cálculo de la siguiente manera:

$$\% P = \frac{98 - 10}{255 - 10} * 100$$

$$\% P = 35.91\%$$

$$\% C = \frac{33.46}{100} (0.8 - 0.008) + 0.008$$

$$\% C = 0.2924\%$$

4.3 Verificación de hipótesis

H₀: Las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción no variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

H₁: Las propiedades mecánicas de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

Las propiedades mecánicas que serán comparadas son: resistencia de rotura, resistencia a la tracción, esto para el ensayo de tracción y para el ensayo de impacto serán la resistencia al impacto y la energía absorbida. Debido que son 4 propiedades diferentes desglosaremos las hipótesis para cada una de estas.

Tabla 8. Resultados Generales [Autor]

Alteración térmica	Nº de Probeta	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia la Tracción (Mpa)	Energía absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J)
ESTANDAR	1	520.1	690.06	69.15	84.296
	2	486.7	652.73	69.64	84.73
	3	508.9	681.62	74.58	90.873
	4	506.15	682.4	79.1	96.022
	5	516.76	693.01	77.59	93.654
650°C	6	493.58	658.63	96.42	123.208
	7	493.97	660	114.69	147.104
	8	490.24	655.88	118.58	151.507
	9	494.56	658.82	114.14	146.505
	10	493.58	660.39	90.43	114.381
800°C	11	429.72	597.13	74.08	90.085
	12	496.13	656.66	85.23	100.16
	13	484.15	638	76.08	92.203

	14	492.4	655.48	87.82	102.04
	15	467.44	618.94	84.72	99.226
950°C	16	408.89	605.97	114.69	139.917
	17	418.52	597.52	110.83	134.204
	18	445.63	586.71	122.5	150.27
	19	452.51	600.47	127.58	124.135
	20	428.54	594.96	125.32	151.608

Límite de Fluencia

H₀: El límite de fluencia de las varillas para la construcción no variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

H₁: El límite de fluencia de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

Para la comprobación de hipótesis ocuparemos la prueba de ANOVA donde se realiza un análisis de varianza el cual determina que las medias de dos o más poblaciones son iguales.

Análisis de varianza

Para este análisis estableceremos una confianza de 95%

Tabla 9. Análisis de Varianza Limite de Fluencia [Autor]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Casos	3	23256	7752	10.97	0.000
Error	16	11304	706.5		
Total	19	34560			

Mediante el valor de la significancia(p) que es $0.000 < 0.005$ podemos decir que la H₁ es aceptada y la H₀ es rechazada.

Resistencia a la Tracción

H₀: La resistencia a la tracción de las varillas para la construcción no variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

H₁: La resistencia a la tracción de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

Para la comprobación de hipótesis ocuparemos la prueba de ANOVA donde se realiza un análisis de varianza el cual determina que las medias de dos o más poblaciones son iguales.

Análisis de varianza

Para este análisis estableceremos una confianza de 95%

Tabla 10. Análisis de Varianza Resistencia a la tracción [Autor]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Casos	3	19059	6352.9	26.67	0.000
Error	16	3812	238.2		
Total	19	22871			

Mediante el valor de la significancia(p) que es $0.000 < 0.005$ podemos decir que la H₁ es aceptada y la H₀ es rechazada.

Energía absorbida

H₀: La energía absorbida de las varillas para la construcción no variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

H₁: La energía absorbida de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

Para la comprobación de hipótesis ocuparemos la prueba de ANOVA donde se realiza un análisis de varianza el cual determina que las medias de dos o más poblaciones son iguales.

Análisis de varianza

Para este análisis estableceremos una confianza de 95%

Tabla 11. Análisis de Varianza Energía Absorbida [Autor]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Casos	3	6967	2322.33	34.89	0.000
Error	16	1065	66.57		
Total	19	8032			

Mediante el valor de la significancia(p) que es $0.000 < 0.005$ podemos decir que la H_1 es aceptada y la H_0 es rechazada.

Resistencia al Impacto

H_0 : La resistencia al impacto de las varillas para la construcción no variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

H_1 : La resistencia al impacto de las varillas para la construcción variaran de manera ascendente o descendente debido a las alteraciones térmicas controladas.

Para la comprobación de hipótesis ocuparemos la prueba de ANOVA donde se realiza un análisis de varianza el cual determina que las medias de dos o más poblaciones son iguales.

Análisis de varianza

Para este análisis estableceremos una confianza de 95%

Tabla 12. Análisis de Varianza Resistencia al impacto [Autor]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Casos	3	10252	3417.2	29.54	0
Error	16	1851	115.7		
Total	19	12102			

Mediante el valor de la significancia(p) que es $0.000 < 0.005$ podemos decir que la H_1 es aceptada y la H_0 es rechazada.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- a) Las probetas fueron expuestas a las temperaturas de 650°C, 850°C y 950°C durante un tiempo de 30 minutos en cada caso, más el tiempo que se demora el horno en llegar a cada temperatura, de modo que para cada caso el tiempo total de exposición en cada caso de alteración térmica fue diferente.
- b) Una vez expuestas las probetas a cada temperatura respectivamente, se realizó un enfriado brusco en un tanque de agua, el cual tenía un sistema de alimentación y evacuación continua para evitar que el agua se caliente, el tiempo estimado de enfriamiento fue de 5 minutos, teniendo como observación que la probeta solo se enfría superficialmente, una vez que es retirada del tanque luego de un tiempo de 3 minutos vuelve a elevar su temperatura por la disipación interna de calor.
- c) Los ensayos fueron realizados en base a la siguiente normativa; para el ensayo de tracción se usó la norma ASTM E8/E8M-16a: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos, para el ensayo impacto se usó la norma ASTM E23: Ensayo de impacto para materiales metálicos, siendo estos ensayos cuantitativos, y para en análisis metalográfico se usó la norma ASTM E3 para la preparación de la probeta y ASTM 407-07 para el ataque químico en el cual se determina un ataque en un intervalo de tiempo de 4 a 14 segundos usando el químico NITAL 4.
- d) Mediante el ensayo de tracción se pudo analizar la variación del Límite de Fluencia donde se determinó que esta propiedad mecánica disminuye sus valores al alterar térmicamente el material a temperaturas mayores de los 650°C, por lo tanto, podemos decir que la zona elástica reducirá y a la vez su módulo de elasticidad.
- e) Durante el ensayo de impacto se determinó que existe variación en la energía absorbida en el momento de la rotura, teniendo que esta propiedad aumenta y disminuye su valor en función de la temperatura, como en el caso de 650°C aumenta su valor, para 800°C disminuye su valor pero este no es menor que el estándar, y por último para los 950°C este valor vuelve a subir siendo este el mayor de todos los grupos, de tal modo se puede definir que el material será más blando, deformable y a la vez resistirá mejor los impactos.

- f) Se determinó que el porcentaje de carbono varía en función del porcentaje de perlita, por lo que podemos definir que a mayor porcentaje de perlita mayor será el valor del porcentaje de carbono y de igual manera a menor porcentaje de perlita menor será el valor del porcentaje de carbono.
- g) Las probetas para el ensayo de tracción no fueron maquinadas a pesar que en la norma ASTM usada para realizar el ensayo establece una reducción de diámetro, pero en un catálogo de fábrica y la norma INEN 2167 establece que las varillas corrugadas rectas no deben ser ensayadas con una reducción de diámetro si no con su diámetro nominal.
- h) Durante el análisis metalográfico, en el proceso de ataque, se pudo experimentar con dos diferentes tipos de químicos los cuales fueron NITAL 2 y NITAL 4, llegando a la conclusión de que un mejor revelador de microestructura es el NITAL 4, con un menor tiempo de ataque y a la vez obteniendo una mejor visión durante el uso del microscopio.

5.2 Recomendaciones

- a) Es necesario que las preparaciones de probetas sean realizadas en base a la una normativa específica, ya que esto nos permitirá obtener resultados coherentes y de tal manera podremos realizar un estudio más preciso.
- b) Para poder comparar mejor los resultados obtenidos, se pueden aumentar el número de probetas y a la vez variar el tipo de enfriamiento utilizado, como por ejemplo enfriarlos en aceite o al ambiente.
- c) Para realizar el entallado de la probeta de impacto es necesario ser precisos ya que si de alguna manera uno o varias alturas de entalle son diferentes el resultado en la energía absorbida ya que no golpeará a la misma área y por tal motivo los resultados variaran considerablemente.
- d) Cuando se vayan a realizar este tipo de experimentos en los cuales se comparan datos con los de un material base el cual puede tener un catálogo con todas sus propiedades normales es necesario también ensayar siempre el material base para poder corroborar que los datos del catálogo son los correctos.

- e) De las fotografías tomadas por el microscopio a diferentes aumentos se usó la de 100X para realizar un proceso de segmentación que nos permitió calcular el porcentaje de Perlita y el porcentaje de Carbono.
- f) Para el ensayo de impacto las probetas fueron maquinadas obteniendo unas medidas 10mm x 10mm x 55mm con una tolerancia de $\pm 0,5$ mm de tal modo se obtendrá un pequeño margen de error, su entalle fue realizado con una altura de entalle de 2mm.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Guaquipana Manobanda, "Estudio del comportamiento del acero de refuerzo expuesto al fuego durante diferentes periodo de tiempo," Tesis de Ingeniería, Repositorio UTA, Ambato, 2017.
- [2] D. E. Moreno de la Cruz, "Análisis de la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como reemplazo parcial del agregado fino," Tesis de ingeniería, Repositorio UTA, Ambato, 2017.
- [3] T. Robert, "Procesos de Coformado Mecánico," 2008.
- [4] George Dieter, E: Mechanical Metallurgy, 2 ed., vol. 1, London: McGraw-Hill Book Company, 2011, pp. 140-148.
- [5] Tools Engineering, "ENGINE," 2009. [En línea]. Available: <https://www.engineeringtoolbox.com/docs/documents/>.
- [6] C. Martínez Vidal, "Metalurgia," de Curso Panamericano de Metalurgia, Boston, 2007.
- [7] Metals Handbook, Volumen 7.
- [8] M. Protocolo, Curso de Materiales, Laboratorio de producción, Colombia: Facultad de Ingeniería Industrial, 2011.
- [9] Brayan Guillermo Aguilar Sánchez, Julian David Cardenas Miranda, "Influencia del temple a temperaturas intercríticas y revenido por debajo de ms en la resistencia al impacto de un acero astm a131," Tesis de Ingeniería, Bogota, 2017.
- [10] P. Modenese, "Manual de Obra," 09 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.manualdeobra.com/blog/varillas>.
- [11] T. Mera, "Ensayos Mecánicos", Ciencia y Tecnología de los Materiales, Informe Técnico,, 2008.
- [12] A. Balvatín, Ciencia de Materiales para Ingeniería Mecánica, Ensayos y Propiedades Mecánicas de los Materiales: Artículo Científico, 2016.
- [13] Miguel Cervera Ruiz, Elena Blanco Díaz, Resistencia de Materiales, Barcelona: CIMNE, 2015.
- [14] A. Balvantín, "Ciencia de Materiales para Ingeniería Mecánica, Ensayos y Propiedades Mecánicas de los Materiales", Artículo Científico, 2016.
- [15] B. Reyes Ballesta, "Ensayo de Tenacidad o Impacto (Prueba Charpy)," Universidad

Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, 2015.

[16] CEPREVEN, "Protección pasiva contra incendios," Madrid, 2003.

[17] A. Seguros, "Aseguradora GMA," 13 Junio 2011. [En línea]. Available:
<https://www.asefa.es/comunicacion/patologias/efectos-de-incendios-en-estructuras-de-hormigon-armado>.

ANEXOS

Informe emitido por el (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero)



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180444086320181109-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2018_039
Empresa/Clientes: Julio César García Rodríguez.
RUC/C.I.: 1804440863 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Av. Julio Jaramillo y Tres Carabelas.
Teléfono: 0992666310 **Correo:** jcgr201093@gmail.com
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata, Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM E8/E8M-16a: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Tipo de probeta: Cilíndrica **Longitud calibrada:** 200 mm.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C **Serie:** 8802M001
Velocidad de ensayo: 10 mm/min. **Precarga:** 5000 N.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2018/11/22 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2018/11/23.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales metálicos*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Descripción	Temperatura	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-ETM 01	Varilla ø18 mm	650 °C	5
2	180444086320181109-ETM 02	Varilla ø18 mm	800 °C	5
3	180444086320181109-ETM 03	Varilla ø18 mm	950 °C	5
4	180444086320181109-ETM 04	Varilla ø18 mm	Sin precalentamiento	5
Total				20

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

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

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 04 de enero de 2019
N°. Factura: 001-002-000006203.

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 METÁLICOS

Página 1 de 3

Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Díametro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
1	180444086320181109-ETM 01-1	24,6	50,5	18,00	200	241,184	167600,02	150750,02	125600,02	658,63	592,41	493,58	20,59	SI
2	180444086320181109-ETM 01-2	24,6	50,5	18,00	200	247,283	167950,02	149950,02	125700,02	660,00	589,27	493,97	23,64	SI
3	180444086320181109-ETM 01-3	24,6	50,5	18,00	200	245,339	166900,02	162800,02	124750,02	655,88	639,76	490,24	22,67	NO
4	180444086320181109-ETM 01-4	24,6	50,5	18,00	200	247,231	167650,02	159300,02	125850,05	658,82	626,01	494,56	23,62	SI
5	180444086320181109-ETM 01-5	24,6	50,5	18,00	200	251,024	168050,02	152950,02	125600,02	660,39	601,06	493,58	25,51	SI
Promedio \bar{X}							167630,020	155150,020	125500,026	658,744	609,701	493,184	23,206	
Desviación estándar S_{n-1}							450,833	5634,381	431,573	1,772	22,142	1,696	1,789	
Coeficiente de variación CV							0,27	3,63	0,34	0,27	3,63	0,34	7,71	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Díametro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Límite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
6	180444086320181109-ETM 02-1	29,1	43,3	18,00	200	249,427	151950,02	138250,02	105350,02	597,13	543,29	429,72	24,71	SI
7	180444086320181109-ETM 02-2	29,1	43,3	18,00	200	242,301	167100,02	146700,02	126250,02	656,66	576,49	496,13	21,15	SI
8	180444086320181109-ETM 02-3	29,1	43,3	18,00	200	249,574	162350,02	141650,02	123200,02	638,00	556,65	484,15	24,79	SI
9	180444086320181109-ETM 02-4	29,1	43,3	18,00	200	252,144	166800,02	144650,02	125300,02	655,48	568,44	492,40	26,07	SI
10	180444086320181109-ETM 02-5	29,1	43,3	18,00	200	247,891	157500,02	133550,02	118950,02	618,94	524,82	467,44	23,95	NO
Promedio \bar{X}							161140,020	140960,020	120510,020	633,240	553,938	473,967	24,134	
Desviación estándar S_{n-1}							6456,140	5227,141	6893,058	25,371	20,541	27,088	1,834	
Coeficiente de variación CV							4,01	3,71	5,72	4,01	3,71	5,72	7,60	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Limite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
11	180444086320181109-ETM 03-1	28,9	43,6	18,00	200	253,845	154200,02	145000,02	104050,02	605,97	569,81	408,89	26,92	SI
12	180444086320181109-ETM 03-2	28,9	43,6	18,00	200	256,502	152050,02	137800,02	105500,02	597,52	541,52	418,52	28,25	SI
13	180444086320181109-ETM 03-3	28,9	43,6	18,00	200	256,033	149300,02	123100,02	113400,02	586,71	483,75	445,63	28,02	SI
14	180444086320181109-ETM 03-4	28,9	43,6	18,00	200	244,297	152800,02	117550,02	115150,02	600,47	461,94	452,51	22,15	SI
15	180444086320181109-ETM 03-5	28,9	43,6	18,00	200	250,782	151400,02	132350,02	103050,02	594,96	520,10	428,54	25,39	SI
Promedio \bar{X}							151950,020	131160,020	109630,020	597,126	515,426	430,819	26,146	
Desviación estándar S_{n-1}							1811,077	11036,836	4635,542	7,117	43,372	18,217	2,504	
Coeficiente de variación CV							1,19	8,41	4,23	1,19	8,41	4,23	9,58	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diámetro (mm)	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia a la tracción	Resistencia de rotura (MPa)	Limite fluencia (MPa)	% Elongación (Calculado)	Rotura dentro de la zona calibrada
16	180444086320181109-ETM 04-1	27,0	46,7	18,00	200	242,648	175600,02	146800,02	132350,02	690,06	576,89	520,10	21,32	SI
17	180444086320181109-ETM 04-2	27,0	46,7	18,00	200	243,958	166100,02	148300,02	123850,02	652,73	582,78	486,70	21,98	SI
18	180444086320181109-ETM 04-3	27,0	46,7	18,00	200	245,582	173450,02	145200,02	129500,02	681,62	570,60	508,90	22,79	SI
19	180444086320181109-ETM 04-4	27,0	46,7	18,00	200	245,747	173650,02	145600,02	128800,02	682,40	572,17	506,15	22,87	SI
20	180444086320181109-ETM 04-5	27,0	46,7	18,00	200	247,882	176350,02	144650,02	131500,02	693,01	568,44	516,76	23,94	SI
Promedio \bar{X}							173030,020	146110,020	129200,020	679,965	574,176	507,724	22,582	
Desviación estándar S_{n-1}							4068,569	1457,052	3319,827	15,988	5,726	13,046	0,990	
Coeficiente de variación CV							2,35	1,00	2,57	2,35	1,00	2,57	4,38	

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 METÁLICOS



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180444086320181109-ETM 02-1	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
7	180444086320181109-ETM 02-2	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
8	180444086320181109-ETM 02-3	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
9	180444086320181109-ETM 02-4	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
10	180444086320181109-ETM 02-5	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
11	180444086320181109-ETM 03-1	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
12	180444086320181109-ETM 03-2	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
13	180444086320181109-ETM 03-3	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
14	180444086320181109-ETM 03-4	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
15	180444086320181109-ETM 03-5	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
16	180444086320181109-ETM 04-1	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
17	180444086320181109-ETM 04-2	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
18	180444086320181109-ETM 04-3	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
19	180444086320181109-ETM 04-4	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa al cliente	
20	180444086320181109-ETM 04-5	2018/1/21	2019/01/07	Cliente	Se entregaa 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
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

		
<p>Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>	<p>Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>	<p>Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>
<p>Cliente</p>		



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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180444086320181109-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Julio César García Rodríguez.	
Dirección: Av. Julio Jaramillo y Tres Carabelas, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804440863	Teléfono: 0992666310
E-mail: jcgr201093@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material ASTM A36 (declarado por el cliente).
Método de ensayo: ASTM E8/E8M-16a: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Descripción	Temperatura	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-ETM 01	Varilla \varnothing 18 mm	650 °C	5
2	180444086320181109-ETM 02	Varilla \varnothing 18 mm	800 °C	5
3	180444086320181109-ETM 03	Varilla \varnothing 18 mm	950 °C	5
4	180444086320181109-ETM 04	Varilla \varnothing 18 mm	Sin precalentamiento	5
			Total	20

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



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180444086320181109-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
2	180444086320181109-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
3	180444086320181109-ETM 01-3	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
4	180444086320181109-ETM 01-4	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
5	180444086320181109-ETM 01-5	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
6	180444086320181109-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
7	180444086320181109-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
8	180444086320181109-ETM 02-3	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
9	180444086320181109-ETM 02-4	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
10	180444086320181109-ETM 02-5	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
11	180444086320181109-ETM 03-1	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
12	180444086320181109-ETM 03-2	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
13	180444086320181109-ETM 03-3	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
14	180444086320181109-ETM 03-4	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
15	180444086320181109-ETM 03-5	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
16	180444086320181109-ETM 04-1	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
17	180444086320181109-ETM 04-2	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
18	180444086320181109-ETM 04-3	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
19	180444086320181109-ETM 04-4	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21
20	180444086320181109-ETM 04-5	Cumple criterios dimensionales	2018/11/21

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

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

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180444086320181109-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM 2018 039
Empresa / Cliente: Julio César García Rodríguez.
RUC/C.I.: 1804440863 **Ciudad:** Ambato
Dirección: Av. Julio Jaramillo y Tres Carabelas. **Teléfono:** 0992666310
Correo: jcgr201093@gmail.com.
Datos del ensayo
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM E23. Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Energía utilizada (J): 450(J)
Tipo de muestra: Entalle en "V".
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Modelo: PIC 450/C **Serie:** M152552AR14.
Fecha de Inicio de Ensayo: 29/11/2018 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 30/11/2018

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de **Material ASTM A36**. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.


OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación del grupo	Descripción	Temperatura Alcanzada	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-EIM 01	Varilla ϕ 18 mm	Sin calentamiento	5

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente.

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

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 21 de diciembre de 2018.

N°. Factura: 001-002-000006203.



2	180444086320181109-EIM 02	Varilla \varnothing 18 mm	650 °C	5
3	180444086320181109-EIM 03	Varilla \varnothing 18 mm	800 °C	5
4	180444086320181109-EIM 04	Varilla \varnothing 18 mm	950 °C	5
			Total	20

Resultados:

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	180444086320181109-EIM 01-1	23,5	55,5	0,809	1,014	0,82033	69,15	84,296	70	X	
2	180444086320181109-EIM 01-2	23,5	55,5	0,817	1,006	0,82190	69,64	84,730	70	X	
3	180444086320181109-EIM 01-3	23,5	55,5	0,815	1,007	0,82071	74,58	90,873	70	X	
4	180444086320181109-EIM 01-4	23,5	55,5	0,814	1,012	0,82377	79,10	96,022	70	X	
5	180444086320181109-EIM 01-5	23,5	55,5	0,826	1,003	0,82848	77,59	93,654	70	X	
							Promedio \bar{X}	89,915			
							Desviación estándar S_{n-1}	4,521			
							Coefficiente de variación CV	6,109			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/ cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
6	180444086320181109-EIM 02-1	24,1	54,9	0,801	0,977	0,78258	96,42	123,208	80	X	
7	180444086320181109-EIM 02-2	24,1	54,9	0,775	1,006	0,77965	114,69	147,104	80	X	
8	180444086320181109-EIM 02-3	24,1	54,9	0,778	1,006	0,78267	118,58	151,507	80	X	
9	180444086320181109-EIM 02-4	24,1	54,9	0,783	0,995	0,77909	114,14	146,505	80	X	
10	180444086320181109-EIM 02-5	24,1	54,9	0,782	1,011	0,79060	90,43	114,381	70	X	
							Promedio \bar{X}	106,852			
							Desviación estándar S_{n-1}	12,556			
							Coefficiente de variación CV	11,751			

Código: RG-RM-041

Fecha de Elaboración: 28-04-2017

Fecha de última aprobación: 19-11-2018

Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 3 de 4

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
11	180444086320181109-EIM 03-1	24,0	55,6	0,807	1,019	0,82233	74,08	90,085	80	X	
12	180444086320181109-EIM 03-2	24,0	55,6	0,819	1,039	0,85094	85,23	100,160	80	X	
13	180444086320181109-EIM 03-3	24,0	55,6	0,798	1,034	0,82513	76,08	92,203	80	X	
14	180444086320181109-EIM 03-4	24,0	55,6	0,815	1,056	0,86064	87,82	102,040	80	X	
15	180444086320181109-EIM 03-5	24,0	55,6	0,807	1,058	0,85381	84,72	99,226	80	X	
Promedio \bar{X}							81,586	96,743			
Desviación estándar S_{n-1}							6,095	5,264			
Coeficiente de variación CV							7,471	5,441			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
16	180444086320181109-EIM 04-1	23,1	55,7	0,814	1,007	0,81970	114,69	139,917	90	X	
17	180444086320181109-EIM 04-2	23,1	55,7	0,801	1,031	0,82583	110,83	134,204	80	X	
18	180444086320181109-EIM 04-3	23,1	55,7	0,8	1,019	0,81520	122,50	150,270	90	X	
19	180444086320181109-EIM 04-4	23,1	55,7	0,993	1,035	1,02776	127,58	124,135	90	X	
20	180444086320181109-EIM 01-5	23,1	55,7	0,816	1,013	0,82661	125,32	151,608	90	X	
Promedio \bar{X}							120,184	140,027			
Desviación estándar S_{n-1}							7,144	11,462			
Coeficiente de variación CV							5,944	8,186			

Observaciones: Ninguna

Código: RG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

Página 4 de 4



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180444086320181109-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Julio César García Rodríguez.	
Dirección: Av. Julio Jaramillo y Tres Carabelas, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804440863	Teléfono: 0992666310
E-mail: jcgr201093@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Material ASTM A36 (declarado por el cliente)
Método de ensayo: ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Descripción	Temperatura Alcanzada	Probetas a ensayar
1	180444086320181109-EIM 01	Varilla \varnothing 18 mm	Estándar	5
2	180444086320181109-EIM 02	Varilla \varnothing 18 mm	650 °C	5
3	180444086320181109-EIM 03	Varilla \varnothing 18 mm	800 °C	5
4	180444086320181109-EIM 04	Varilla \varnothing 18 mm	950 °C	5
Total				20

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



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180444086320181109-EIM 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
2	180444086320181109-EIM 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
3	180444086320181109-EIM 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
4	180444086320181109-EIM 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
5	180444086320181109-EIM 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
6	180444086320181109-EIM 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
7	180444086320181109-EIM 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
8	180444086320181109-EIM 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
9	180444086320181109-EIM 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
10	180444086320181109-EIM 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
11	180444086320181109-EIM 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
12	180444086320181109-EIM 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
13	180444086320181109-EIM 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
14	180444086320181109-EIM 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
15	180444086320181109-EIM 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
16	180444086320181109-EIM 04-1	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
17	180444086320181109-EIM 04-2	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
18	180444086320181109-EIM 04-3	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
19	180444086320181109-EIM 04-4	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29
20	180444086320181109-EIM 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2018/11/29

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.


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

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180444086320181109-EIM
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Julio César García Rodríguez.
DIRECCIÓN: Av. Julio Jaramillo y Tres Carabelas, Ambato.
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804440863
E-MAIL: jcgr201093@gmail.com
TELÉFONO: 0992666310

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Material ASTM A36 (declarado por el cliente)
Método de ensayo: ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180444086320181109-EIM 01-1	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180444086320181109-EIM 01-2	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180444086320181109-EIM 01-3	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180444086320181109-EIM 01-4	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180444086320181109-EIM 01-5	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	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



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180444086320181109-EIM 02-1	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180444086320181109-EIM 02-2	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180444086320181109-EIM 02-3	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180444086320181109-EIM 02-4	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180444086320181109-EIM 02-5	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180444086320181109-EIM 03-1	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180444086320181109-EIM 03-2	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180444086320181109-EIM 03-3	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180444086320181109-EIM 03-4	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180444086320181109-EIM 03-5	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180444086320181109-EIM 04-1	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
17	180444086320181109-EIM 04-2	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180444086320181109-EIM 04-3	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180444086320181109-EIM 04-4	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180444086320181109-EIM 01-5	2018/11/29	2019/01/07	Cliente	Se entrega al cliente	

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



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

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

Norma INEN 2167



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2167

Tercera revisión
2017-02

**VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO AL CARBONO
LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, MICROALEADAS O
TERMOTRATADAS, PARA HORMIGÓN ARMADO. REQUISITOS**

**HOT-ROLLED DEFORMED AND PLAIN STEEL BARS, WELDABLE, MICRO ALLOYED OR
QUENCHED AND SELF-TEMPERED, FOR REINFORCED CONCRETE. REQUIREMENTS**

ÍNDICE

	Página
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	1
4. CLASIFICACIÓN	3
5. REQUISITOS	3
5.1 Material	3
5.2 Fabricación	3
5.3 Requisitos dimensionales	3
5.4 Requisitos mecánicos	5
5.5 Requisitos físicos.....	6
5.6 Requisitos químicos.....	6
6. MUESTREO	7
6.1 Lote de muestreo.....	7
6.2 Muestra.....	7
6.3 Condiciones posteriores al muestreo.....	7
6.4 Aceptación o rechazo	7
7. MÉTODOS DE ENSAYO	8
7.1 Resistencia a la tracción	8
7.2 Doblado.....	8
8. EMBALADO	9
9. ROTULADO	9
ANEXO A (normativo) DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO NOMINAL	10
ANEXO B (normativo) CARACTERÍSTICAS DE LAS VARILLAS CON RESALTES	11
ANEXO C (normativo) DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS RESALTES Y DE LAS RANURAS	13
ANEXO D (normativo) DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD	15
ANEXO E (normativo) DETERMINACIÓN DE LA MASA PARA LA UNIDAD DE MUESTREO ...	16
BIBLIOGRAFÍA	17

- g) La longitud total de los resaltes transversales (Ver Figura C.1) debe ser tal que la distancia entre los extremos de los resaltes transversales no exceda el 12,5 % de perímetro nominal de la varilla. Cuando los extremos de los resaltes transversales terminen en un resalte longitudinal, el ancho del resalte longitudinal constituye la separación entre los extremos de los resaltes transversales. La suma total de los espacios de separación no debe exceder el 25 % del perímetro nominal de la varilla. El perímetro nominal de la varilla debe ser 3,1416 veces el diámetro nominal.
- h) La zona sin resaltes indicada en el literal g) puede ser parcial o totalmente ocupada por nervios longitudinales.
- i) Las características de los resaltes o ranuras longitudinales deben ser comprobadas de acuerdo con el Anexo C.

5.3.3 Longitud

- Las longitudes normales de las varillas serán 6, 9 y 12 metros. Las varillas también podrán expendirse por acuerdo entre comprador y productor, en longitudes especiales o en rollos.
- La tolerancia para las longitudes normales será de ± 50 mm.
- La tolerancia para las longitudes especiales será de ± 10 mm.
- Los valores especificados para la longitud serán comprobados mediante el método establecido en el Anexo D.

5.4 Requisitos mecánicos

Propiedades de tracción controladas. Esta norma, mediante el empleo de los límites de las propiedades mecánicas del material (Tabla 2), suministra las propiedades de fluencia/tracción necesarias en las aplicaciones que exigen propiedades de tracción controladas.

La resistencia a la tracción real debe ser igual o mayor a 1,25 veces el límite de fluencia real registrada en el ensayo de la probeta.

TABLA 2. Especificaciones mecánicas de las varillas lisas y corrugadas para homigón armado

Ensayo	Propiedad	Unidad	Grado de acero	
			42	55
Tracción	Límite de fluencia, mínimo	MPa	420	550
	Límite de fluencia, máximo		540	675
	Resistencia a la tracción, mínima		550	690
	Alargamiento, mínimo en $L_0 = 200$ mm	$d \leq 20$	%	14
$22 \leq d \leq 36$		12		12
$d > 36$		10		10
Doblado a 180° ^a	$d < 18$	mm	$D = 3 d$	$D = 3,5 d$
	$18 \leq d \leq 25$		$D = 4 d$	$D = 5 d$
	$25 < d \leq 36$		$D = 6 d$	$D = 7 d$
	$d > 36$		$D = 8 d$	$D = 9 d$
^a d = diámetro de la varilla en mm D = diámetro del mandril en mm L_0 = longitud inicial NOTA. 1 MPa equivale a 10,197 kgf/cm ² .				

5.5 Requisitos físicos

Masa

- El valor nominal para la masa por metro de cada una de las varillas a las que se refiere esta norma se establece en la Tabla 1.
- Los valores de la masa por metro, permitidos para varillas individuales, se especifican en la Tabla 1 y corresponden a una tolerancia de ± 6 %.
- Los valores especificados para la masa por metro de las varillas a las que se refiere esta norma deben ser comprobados mediante el método establecido en el Anexo E.

5.6 Requisitos químicos

Se debe realizar un análisis de cuchara de cada colada con muestras de ensayo tomadas preferiblemente durante el vertido de las coladas, de conformidad con ISO 14284.

Los contenidos de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio deben cumplir con lo establecido en la Tabla 3, mediante análisis espectrométrico según ASTM E415.

6.4.1 Rechazos de partidas o lotes

Si los resultados de un ensayo no satisfacen las especificaciones de la Tabla 2, o si no cumple un requisito dimensional de la Tabla 1, se permite un remuestreo con el doble de unidades. El lote será aprobado cuando todos los ensayos de remuestreo del mismo sean satisfactorios.

El ensayo de doblado será considerado satisfactorio cuando la probeta ensayada no presente grietas en el lado exterior del doblado después de terminado el ensayo.

Si los ensayos del remuestreo no cumplen los requisitos, el lote debe ser rechazado.

El óxido, las superficies irregulares, cascarilla de laminación y escamas, no son causa de rechazo.

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Resistencia a la tracción

Los valores de la resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento porcentual de las varillas a las que se refiere esta norma, deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 2.

El punto de fluencia y resistencia a la tracción debe determinarse por cualquiera de los métodos convencionales establecidos en ISO 6892-1.

Las probetas para el ensayo de tracción serán del diámetro nominal de las varillas, tal como son laminadas. Para los diámetros de 36 mm o mayores, puede utilizarse el ensayo de sección reducida establecido en ISO 6892-1.

La determinación de esfuerzos unitarios con probetas de secciones completas debe basarse en el área nominal de la varilla. El límite de fluencia y la resistencia a la tracción deben corregirse con la relación entre el peso de la varilla laminada y el peso de la varilla nominal.

7.2 Doblado

Las varillas deben ser sometidas al ensayo de doblado a 180 °C de acuerdo con ISO 7438. Las probetas, luego del ensayo, no deben presentar agrietamiento en el lado exterior del doblado. El diámetro de los mandriles para el ensayo de doblado se encuentra establecido en la Tabla 2.

El ensayo de doblado para control de calidad debe hacerse con probetas de suficiente longitud y sobre el resalte longitudinal para asegurar un doblado libre, y con un equipo que proporcione:

- aplicación continua y uniforme de la fuerza durante todo el ensayo,
- libre movimiento de la probeta en los puntos de contacto con el equipo: mandril central y apoyos,
- contacto permanente de la probeta alrededor del mandril durante la operación de doblado.

Las probetas para el ensayo de doblado deben ser de la sección completa de la varilla laminada.