



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“ANÁLISIS DEL BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400
COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS, Y SU INCIDENCIA EN LA
DUREZA, TRACCIÓN E IMPACTO”

AUTOR: Christian Javier Guerrero Paredes.

TUTOR: Ing. Mg. Gonzalo López.

AMBATO - ECUADOR

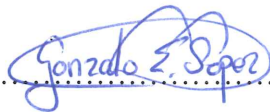
2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DEL BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400 COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS, Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA, TRACCIÓN E IMPACTO”, elaborado por el Sr. Christian Javier Guerrero Paredes, portador de la cédula de ciudadanía: 180477137-4, ex estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.



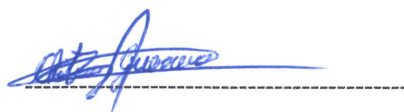
.....
Ing. Mg. Gonzalo López.

TUTOR

AUTORIA DEL TRABAJO

Yo, Christian Javier Guerrero Paredes, con C.I. # 180477137-4 declaro que las actividades y tareas para la obtención de resultados en el presente Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico con el Tema “ANÁLISIS DEL BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400 COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS, Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA, TRACCIÓN E IMPACTO”, es absolutamente de mi autoría y responsabilidad a excepción de las fuentes bibliográficas las cuales se encuentran citadas en el trabajo de investigación.

Ambato, Enero 2020.



Christian Javier Guerrero Paredes


C.I. 180477137-4

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

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

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



Christian Javier Guerrero Paredes

C.I. 180477137-4

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Christian Javier Guerrero Paredes de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ANÁLISIS DEL BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400 COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS, Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA, TRACCIÓN E IMPACTO”

Ambato, Enero 2020

Para constancia firman:



Ing. Mg. Christian Castro



Ing. Mg. Francisco Peña

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación con mucho amor principalmente a Dios y a la Virgencita ya que me han guiado siempre por el camino del bien dándome sabiduría para poder cumplir mis metas.

De manera muy especial a mis padres; Medardo Guerrero y Marisol Paredes, quienes con su sabiduría me han guiado por el camino correcto con sus consejos y palabras de aliento para seguir adelante, también a mi hermana Nataly Guerrero que ha sido de gran apoyo con sus palabras de aliento que me ayudaron a continuar con mi investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y cuidarme siempre en los momentos más difíciles y ayudarme a salir siempre adelante, a mis padres y a mi hermana por apoyarme y aconsejarme durante el trayecto de mi carrera universitaria.

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORIA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DEL AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
INDICE GENERAL DE CONTENIDO	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
EXECUTIVE SUMMARY	XIII
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Fundamentación teórica.....	3
1.3.1 Pulvimetalurgia.....	3
1.3.2 Ensayos de los materiales	8
1.4 Hipótesis	13
1.4.1 Señalamiento de las variables de la hipótesis	13
1.4.2 Termino de relación.....	13
CAPÍTULO II.....	14
METODOLOGÍA.....	14
2.1 Materiales	14
2.1.1 Resistencia de los materiales	14
2.2 Métodos	15
2.2.1 Nivel o tipo de investigación.....	15
2.2.2 Población y muestra.....	15
2.2.3 Operalización de variables.....	16

2.2.4 Plan de recolección de información.....	17
2.2.5 Ensayos mecánicos.....	27
CAPITULO III	29
RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	29
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	29
3.1.1 Análisis e interpretación de los ensayos de dureza.....	29
3.1.2 Análisis e interpretación de los ensayos de tracción.	35
3.1.3 Análisis e interpretación de los ensayos de impacto.	44
3.2 Análisis de resultados.	52
3.3 Verificación de hipótesis.	56
3.3.1 Formulación de la hipótesis.....	56
3.3.2 Verificación estadística.....	56
3.3.3 Cálculo de la frecuencia teórica y observada.	56
CAPITULO IV	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
4.1 Conclusiones.....	60
4.2 Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA.	62
ANEXOS	64
ANEXO 1: Informe técnico del ensayo de dureza	65
ANEXO 2: Informe técnico del ensayo de tracción.....	72
ANEXO 3: Informe técnico del ensayo de impacto	88
ANEXO 4: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de dureza según la norma NTE INEN ISO 6507-1	101
ANEXO 5: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de tracción según la norma ASTM E8/ E8M-16a	102
ANEXO 6: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de impacto según la norma ASTM E23-16b	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un molino de bolas.....	5
Figura 2. Secuencia de compactación.	7
Figura 3. Compactación isostática en frío.	7
Figura 5. Diagrama de Ensayo Brinell.	9
Figura 6. Forma de representar la Dureza Brinell.	9
Figura 7. Ensayo de Dureza Rockwell.	10
Figura 8. Esquema del Ensayo de Dureza Vickers.....	11
Figura 9. Equipo y componentes para ensayo de tracción.	12
Figura 10. Péndulo de Charpy.	12
Figura 11. Diagrama de flujo.....	20
Figura 12. Maquinado del eje de cobre.	22
Figura 13. Viruta de cobre.....	22
Figura 14. Limado manual del estaño, plomo y zinc.	22
Figura 15. Polvo del estaño, plomo y zinc	23
Figura 16. Proceso de molienda.	23
Figura 17. Tamizaje de los materiales.	24
Figura 18. Mezcla de los materiales.	25
Figura 19. Compactado de las probetas.....	26
Figura 20. Sinterizado.	26
Figura 21. Ensayo de dureza.	27
Figura 22. Ensayo de tracción.	28
Figura 23. Ensayo de impacto.	28
Figura 24. Campana de Gauss.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplos de usos de Polvos Metálicos.....	3
Tabla 2. Temperatura y tiempo de sinterizado de acuerdo al tipo de material	8
Tabla 3. Especificaciones de la muestra.	16
Tabla 4. Variable independiente.	16
Tabla 5. Variable dependiente.	17
Tabla 6. Materiales a utilizar.	20
Tabla 7. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 1.	29
Tabla 8. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 2.	31
Tabla 9. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 3.	32
Tabla 10. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 4.	34
Tabla 11. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 1.	36
Tabla 12. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 2.	38
Tabla 13. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 3.	40
Tabla 14. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 4.	42
Tabla 15. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 1.	44
Tabla 16. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 2.	46
Tabla 17. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 3.	48
Tabla 18. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 4.	50
Tabla 19. Resultados de los diferentes ensayos en la aleación.....	52
Tabla 20. Gráficos del ensayo de tracción de los distintos grupos.	54
Tabla 21. Gráficos del ensayo de impacto de los distintos grupos.	55
Tabla 22. Resistencia a la rotura (Sut).....	57
Tabla 23. Valores de “t” según los grados de libertad y probabilidad.	58

RESUMEN EJECUTIVO

ANÁLISIS DEL BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400 COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS, Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA, TRACCIÓN E IMPACTO.

Autor: Christian Javier Guerrero Paredes

Tutor: Ing. Mg. Gonzalo López

Resumen

El proceso en la obtención de los polvos metálicos de Cobre, Estaño, Plomo y Zinc se realizó mediante la utilización de un molino de bolas tipo attritor el cual realiza un proceso de molienda mecánico, el mismo que tomo un tiempo de molienda de 40 minutos, verificando que el cilindro de molienda esté libre de impurezas lo cual podría contaminar el material, luego de obtener el polvo de los distintos materiales se procedió a tamizar para adquirir el tamaño de grano adecuado (63 – 45 μm) para la mezcla, este proceso se lo hizo al material artesanal ya que el comercial ya se lo obtuvo con el tamaño de grano adecuado.- La mezcla se realizó utilizando porcentajes específicos de los materiales los cuales son: 88 por ciento de cobre, 4 por ciento de estaño, 4 por ciento de plomo y 4 por ciento de zinc.- En la compactación de las probetas se utilizó el método de prensado en frío en una prensa hidráulica, para las probetas se utilizó una presión de 250 MPa, en la sinterización de las probetas se tomó dos temperaturas de 800 grados centígrados y 900 grados centígrados.- Una vez sinterizadas las probetas se procede a la realización de los ensayos de dureza, tracción e impacto de acuerdo a las normas establecidas en la investigación, estos ensayos muestra las propiedades mecánicas del material sinterizado.

Palabras claves:

Polvos metálicos, tamaño de grano, sinterizado, cobre, estaño, plomo, zinc.

EXECUTIVE SUMMARY

ANALYSIS OF THE C54400 PHOSPHORATED BRONZE OF FREE CUTTING COMBINED BY DUST MIXING, AND ITS INCIDENCE ON HARDNESS, TRACTION AND IMPACT.

Autor: Christian Javier Guerrero Paredes

Tutor: Ing. Mg. Gonzalo López

Summary

The process in obtaining the copper, tin, lead and zinc metal powders was carried out by using an attritor ball mill which performs a mechanical grinding process, which took a grinding time of 40 minutes, verifying that the grinding cylinder is free of impurities which could contaminate the material, after obtaining the powder of the different materials, it was screened to acquire the appropriate grain size (63 - 45 um) for the mixture, this process is He made it to the artisanal material since the commercial was already obtained with the appropriate grain size.- The mixture was made using specific percentages of the materials which are: 88 percent copper, 4 percent tin, 4 percent of lead and 4 percent zinc.- In the compaction of the specimens the cold pressing method was used in a hydraulic press, for the specimens a pressure of 250 MPa was used, in the sinter The test specimens were taken at two temperatures of 800 degrees Celsius and 900 degrees Celsius.- Once the specimens have been sintered, the hardness, tensile and impact tests are carried out according to the standards established in the investigation, these tests show The mechanical properties of the sintered material.

Keywords:

Metal powders, grain size, sintering, copper, tin, lead, zinc.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En estudios previos sobre el cobre y sus aleaciones como es el caso del bronce fosfórico se ha realizado varias investigaciones de las cuales se ha obtenido varios resultados y conclusiones los cuales se citan a continuación: Narváez Chediak Andrés Mauricio previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior Politécnica del Ejército realizó la investigación con el tema “Desarrollo de tecnología para la elaboración de bronce fosfórico UNS C93700 para aplicaciones en construcción de partes y elementos de máquina de forma artesanal” en la cual llega a las siguientes conclusiones: Los elementos aleantes a utilizar como el estaño y el plomo son utilizados para mejorar las propiedades del cobre.- El estaño es utilizado para aumentar la resistencia mecánica de la aleación y el plomo brinda una mayor resistencia al desgaste, lo cual le da la especial característica a este bronce que es la de autolubricante.

Los elementos de máquinas de mayor uso en base a este bronce son los bocines, los cuales se pudieron fabricar con el procedimiento descrito en el proyecto.- Las propiedades obtenidas de este material fueron muy similares a las propiedades de los bocines importados que se encuentran en el mercado [1].

Krivij Natalia, Suárez Xenia, Villalonga José y Cores Alejandro, autores de la investigación “Obtención y caracterización del polvo de bronce Cu₈₈Sn_{6.5}Zn₄Pb_{1.5} para aplicaciones en cojinetes” concluyen que: En la obtención del bronce aleado para la fabricación de cojinetes con características antifriccionantes, se determinaron las características físico-químicas, tecnológicas y mecánicas del polvo Cu₈₈Sn_{6.5}Zn₄Pb_{1.5} obtenido por atomización del metal fundido y se realizaron diferentes ensayos para determinar, entre otros, la compactación y los parámetros tecnológicos óptimos, cuyos valores son: presión de prensado, 600 MPa; temperatura de sinterización, 760 °C y tiempo de retención durante la sinterización, 90 min.- Se obtiene una dureza de 69 HB y una resistencia a la compresión radial de 672 MPa [2].

N. Krivij, W. Suwardjo, L. García, A. Cores y A. Formoso, autores de la investigación “Tecnología de fabricación de filtros metálicos de bronce” llegan a la siguiente conclusión: Se proyectaron y elaboraron diferentes tipos de filtros, utilizados en varias ramas de la industria cubana, a partir de polvo esférico de bronce CuSn₁₀Pb_{0.3} de diferentes granulometrías, mediante métodos usualmente empleados en pulvimetalurgia.- Estos son:

- Filtros de aire, vapor y agua de los sistemas de alimentación de equipos de fermentación con tamaño de partículas de polvo de 80-125 μm .
- Filtro para aceite en los sistemas mecánicos de los compresores con tamaño de partículas de polvo de 400-630 μm .
- Filtros para cocinas de queroseno (domésticas y comerciales) con tamaño de partículas de polvo de 630-800 μm .
- Filtros de agua para máquinas de riego con tamaño de partículas de polvo de 800-1000 μm [3].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar el bronce fosforado de corte libre C54400 combinado por mezcla de polvos, y su incidencia en la dureza, tracción e impacto

1.2.2 Objetivos específicos

- Obtener los polvos metálicos con la granulometría adecuada.

Mediante la adquisición de los diferentes materiales a alear ya sea en ejes, lingotes o barras, se procede a obtener limallas las cuales posteriormente mediante un molino de bolas se pulveriza el material reduciendo considerablemente el tamaño de grano y por último se procede a tamizar el polvo, obteniendo el tamaño adecuado de granulometría esto en el caso del polvo metálico artesanal, el polvo metálico comercial de los diferentes materiales a utilizar en la aleación ya viene acorde a la granulometría adecuada.

- Realizar el proceso de mezcla, compactación y sinterizado de los polvos metálicos.

La mezcla debe ser homogénea para luego proceder a la compactación en los respectivos moldes de las probetas con una presión adecuada de acuerdo al material, por último se somete al proceso de sinterizado de las probetas a una determinada temperatura.

- Determinar las propiedades mecánicas: dureza, resistencia a la tracción, e impacto de la aleación obtenida.

Mediante los diferentes ensayos mecánicos de las probetas se procederá a determinar las propiedades mecánicas de la aleación obtenida, tanto para el polvo metálico comercial como para el polvo metálico artesanal.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Pulvimetalurgia

La pulvimetalurgia (PM) es el proceso de crear piezas con formas complejas que poseen excelentes tolerancias y de alta calidad con bajo costo de producción.- En resumen, la PM toma polvos metálicos de distintas características tales como forma y tamaño del grano para posteriormente producir piezas de alta dureza y precisión.- Los puntos claves de este proceso es la compactación del polvo y el enlace termal de las partículas mediante la sinterización.- Dicho proceso usa procedimientos automatizados con consumo relativamente bajo de energía, gran utilización de materiales y bajos costos capitales.- Consecuentemente este proceso está creciendo y excluyendo métodos tradicionales en la formación de piezas metálicas.

La PM posee aplicaciones bastantes extensivas tales como las que se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Ejemplos de usos de Polvos Metálicos.

APLICACIÓN	EJEMPLOS DE USO
abrasivos	ruedas pulidoras metálicas, equipos de molienda
aeroespacio	motores de jet, escudos de calor, boquillas de turbina
automóviles	válvulas, engranes, varillas
químicos	colorantes, filtros, catalíticos
construcción	techado de asfalto, calafatear
eléctrico	contactos, conectores
electrónico	tintas, paquetes microelectrónicos, lavatorios de calor
hardware	candados, herramientas, herramientas de corte
tratamiento de calor	calderas, termocuplas, bandejas de correa
industrial	absorción de sonido, herramientas de corte
uniones	soldadores, electrodos, llenado de soldadura
lubricación	grasas
magnético	relays, imanes, núcleos
manufactura	moldes, herramientas, rodamientos
medicina/dental	implantes de cadera, fórceps, amalgamas
metalúrgico	recubrimiento metálico, aleaciones
nuclear	escudos, filtros, reflectores
equipos de oficina	copiadores, cámaras, fotocopiadores
artillería	fusiles, munición, penetradores
personal	vitaminas, cosméticos, jabones, lápices
petroquímico	catalíticos, brocas
plásticos	herramientas, moldes, llenadores, cemento, superficies de desgaste
imprensa	tintas, laminates
pirotécnicos	explosivos, combustible, colorantes, bengalas

Fuente [4]

1.3.1.1 Ventajas

- La elaboración de piezas solidas a partir de polvos, sin pasar por fase liquida, se usa cuando existe inconvenientes técnicos como: alto punto de fusión o gran diferencia entre los puntos de fusión de los elementos a alear.
- Clara contaminación del metal fundido por la atmósfera o por el crisol.
- Adquisición de un tamaño de grano excesivamente grande y estructuras segregadas durante la solidificación que dificulta la laminación o extracción del material.

1.3.1.2 Etapas del proceso

Al someter el polvo metálico a una presión suficientemente elevada, se tiene un cierto grado de aglomeración entre las partículas aún a temperatura ambiente. Si se calienta la masa compactada, se mejora la coherencia entre las partículas, por sinterización. La temperatura usada es mayor que la de recristalización, pero menor que la de fusión, aunque puede exceder, en algunos casos, la de fusión de algunos de los metales componentes, en consecuencia esto se funde y se convierte en la matriz aglomerante para las partículas del otro metal. Por lo tanto, las etapas del proceso de pulvimetalurgia son:

- Producción de polvo de los metales que serán utilizados en la pieza
- Mezclado de los metales participantes
- Conformado de las piezas
- Sinterizado de las piezas
- Mecanizado
- Tratamientos térmicos

1.3.1.2.1 Obtención de los polvos

Los polvos metálicos se pueden obtener de tres métodos distintos como: físicos, químicos y electrolíticos.

En el método físico se logra producir el polvo por pulverización mecánica como el maquinado, limado y en materiales frágiles se usa la molienda y el triturado entre otros.- También se puede mencionar el método de atomización el cual consiste en hacer pasar un chorro de metal fundido frente a una corriente de aire o gas inerte comprimido o agua.- Este método se usa en la obtención de polvo de Cu, Zn, Pb. Al y Fe.- En el método químico se destaca la reducción del óxido de tungsteno y otros metales refractarios en estado sólido con una corriente de hidrogeno.- Y por último el método de

deposición electrolítica es utilizado mayormente en la producción de polvo de cobre, el polvo adquirido mediante este método posee forma dendrítica [4].

En el método físico cabe recalcar que para la trituración o molienda de los materiales se utiliza más ampliamente el molino de bolas para la reducción del tamaño de las partículas como se muestra en la Figura 1.

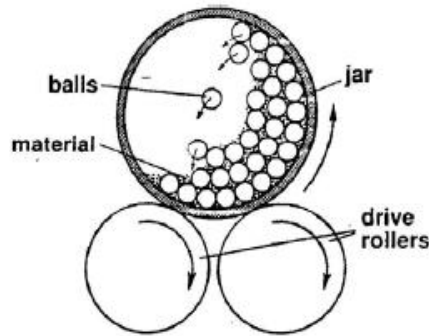


Figura 1. Esquema de un molino de bolas
Fuente [4].

Eficiencia:

Efecto cascada $v \leq 30\sqrt{r}$ (r: radio contenedor en metros), las velocidades mayores hacen que el medio de molienda se centrifugue solidario al cilindro.- La eficiencia con la cual se realiza la molienda de los materiales está determinada por la densidad, dureza y el tamaño relativo, de las partículas de polvo como del medio de molienda.

Entre los medios de molienda: WC, acero, ZrO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 , sílice, porcelana. Bolas, cilindros cortos, barras.

Ventajas: sencillo, barato, polvos activos.

Desventajas: la contaminación del polvo por desgaste del contenedor y el medio de molienda, proceso que dura un tiempo considerable [4].

1.3.1.2.2 Características de los polvos a considerar

- **Forma.-** Esta varía de acuerdo a la manera en la que se adquirió el polvo, la cual puede ser esférica, dendrítica, quebrada, plana o angular.
- **Finura.-** El tamaño de polvo utilizado en operaciones de sinterizado oscila entre 10 μm hasta 400 μm , siendo un tamaño habitual alrededor de 100 μm [5].
- **Distribución del tamaño de la partícula.-** Es referente al tamaño de las partículas las cuales conforman una pieza de polvo, dicha distribución posee gran influencia en la fluidez y densidad de las partículas y en la porosidad final del producto.

- **Fluidez.-** Capacidad de fluir adecuadamente de una parte a otra o la cavidad del molde.
- **Propiedades químicas.-** Características de reacción que tienen los materiales a diferentes elementos, también tiene que ver con la pureza del polvo utilizado.
- **Compresibilidad.-** Relación que existe entre el volumen inicial y final del polvo utilizado en la pieza comprimida.- Dicha propiedad varía de acuerdo al tamaño y forma del grano la cual afecta directamente a la resistencia de las piezas [6].

1.3.1.2.3 Mezcla de polvos

El polvo de un solo material no puede cumplir con todos los requisitos de producción o de servicio, por lo cual se debe mezclar con otros materiales.- Las partículas deben ser uniformes en el tamaño para conseguir una mezcla uniforme.- Además la mezcla de polvos tiene como propósito ajustar la densidad de la pieza compactada y cambiar la composición o las propiedades de servicio [6].

1.3.1.2.4 Conformado de los polvos

En este paso se procede a dar consistencia y forma a los polvos, producir piezas mecánicas.- Los principales métodos para la consolidación de polvos y producción de formas sin aplicación de temperaturas elevadas son:

- Prensado: Unidireccional, isostático.
- Conformado plástico: Extracción, moldeo por inyección.
- **Prensado uniaxial**

Es el método más común para adquirir el conformado y la consolidación de los polvos, se puede definir como el conformado y la compactación simultánea de un polvo granular, mediante una compresión confinada en una matriz rígida.- El uso constante de este método es debido a su capacidad de producir de manera inmediata y fácilmente automatizable, compactos con tolerancias muy ajustadas y características controladas como se muestra en la Figura 2.

El prensado unidireccional cuenta con la siguiente secuencia de compactación:

1. Llenado de la matriz
2. Posicionamiento de los punzones
3. Entrada del punzón superior
4. Compactación
5. Cese de la aplicación de la presión
6. Extracción del compacto en verde

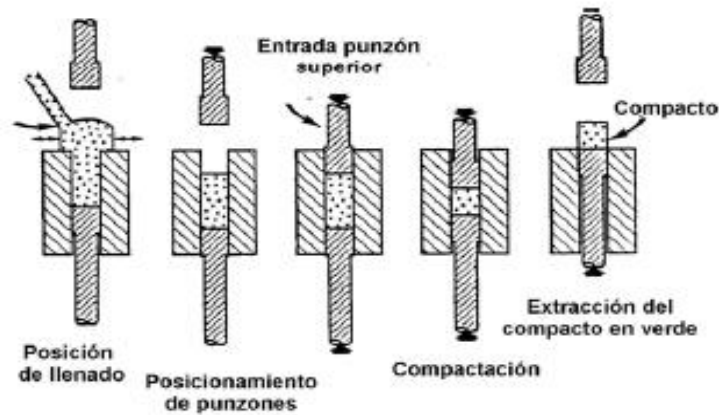


Figura 2. Secuencia de compactación.
Fuente [4]

- **Prensado isostático en frío (CIP)**

Es una aplicación del teorema de Pascal, la cual menciona que cualquier presión aplicada sobre un fluido se transmite por igual en todas sus direcciones.- En este proceso se reduce de una manera considerable los problemas de uniformidad que se daban en el prensado uniaxial.- Al evitar este inconveniente se puede compactar grandes volúmenes de polvo con relación altura/diámetro elevadas. Además, el prensado isostático es más eficiente que la unidireccional, obteniéndose densidades más elevadas para una misma presión aplicada, como se muestra en la Figura 3.

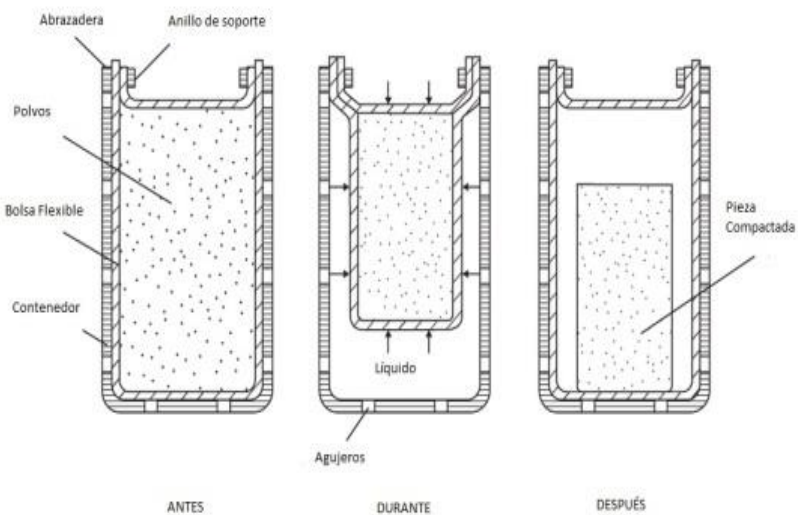


Figura 3. Compactación isostática en frío.
Fuente [7]

1.3.1.2.5 Sinterización

En este proceso se aglomera o unen las partículas químicamente formando un cuerpo coherente bajo la influencia de una temperatura elevada como se muestra en la Tabla 2, la cual debe estar por debajo del punto de fusión del constituyente principal.- Además para evitar oxidación de las piezas, este proceso se realiza en una atmosfera controlada, convencionalmente reductora: el hidrogeno, monóxido de carbono o amoniaco.

El proceso de sinterizado convencional se lo realiza en hornos, en los que se coloca las piezas en verde, estos hornos pueden contener distintas cámaras: zona de carga, cámara de limpieza, cámara de alta temperatura, cámara de enfriamiento y cámara de oxidación controlada.

Tabla 2. Temperatura y tiempo de sinterizado de acuerdo al tipo de material

Materiales	Grados °C
Hierro / Acero	1.100 – 1.300
Aleaciones de Aluminio	590 – 620
Acero inoxidable	1.000 – 1.200
Cobre	750 – 1.000
Latón	850 - 950
Bronce	740 - 780
Metales Duros	1.200 – 1.600
Carburo de tungsteno	1.480
El tiempo de sinterizado varia entre 20 y 40 minutos.	

Fuente [8]

1.3.2 Ensayos de los materiales

Son procedimientos normalizados mediante los cuales se evalúan las diferentes propiedades mecánicas y el comportamiento de los materiales al ser sometidos a distintos métodos de esfuerzos.- Por lo general se analiza la relación entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes, tales como los esfuerzos limites que pueden provocar un fallo de funcionamiento entre los componentes.- Los resultados obtenidos mediante los métodos de ensayo son empleados para desarrollar materiales y diseñar componentes, también para garantizar la calidad de los materiales.

El ensayo de los materiales puede efectuarse con tres objetivos: 1) Aportar información rutiaría acerca de la calidad de un producto – ensayo comercial o de control; 2) Recabar información nueva o mejor acerca de materiales conocidos o desarrollar nuevos materiales – investigación de materiales y desarrollo; 3) Obtener medidas precisas de las propiedades fundamentales o constantes físicas – medición científica [9].

Para acatar los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación se aplicara los siguientes ensayos: Ensayo de Tracción, Ensayo de Dureza y Ensayo de Impacto.

1.3.2.1 Ensayo de dureza

Por dureza se comprende que es la resistencia que ofrece un material al ser rayado o penetrado por una pieza de otro material diferente.- Se debe tener en cuenta que un valor de dureza no puede utilizarse directamente en trabajos de diseño, como se puede hacer con un valor de resistencia a la tensión, ya que los valores de dureza no tienen significado intrínseco.

Existen diversos ensayos de dureza a continuación se mencionan los que comúnmente se utilizan:

1.3.2.1.1 Ensayo de Dureza Brinell

Este ensayo por lo general consta de una prensa hidráulica vertical de operación manual, diseñada para forzar un marcador de bola dentro de la probeta, como se muestra en la Figura 5. El penetrador es una bola de acero templado, con gran dureza, la cual posee un diámetro que varía de 1 a 10mm, en la cual se aplica una carga preestablecida durante un tiempo que suele ser de 15 segundos.

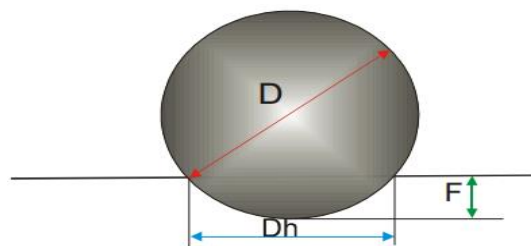


Figura 4. Diagrama de Ensayo Brinell.
Fuente [10]

Las condiciones normales del ensayo son: diámetro del penetrador $D=10\text{mm}$; carga aplicada $F=3000\text{Kg}$; Tiempo de carga $t=15\text{s}$.- Si las condiciones del ensayo cambian con respecto a las normales se debe representar de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 6.

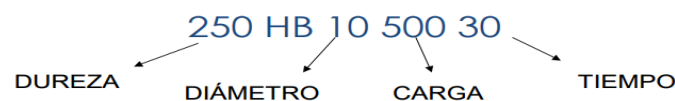


Figura 5. Forma de representar la Dureza Brinell.

Fuente [10]

1.3.2.1.2 Ensayo de Dureza Rockwell

En este ensayo se mide la profundidad de la huella, no el área de la misma.- Este ensayo consiste en hacer penetrar, en dos tiempos, en la capa superficial de la pieza un penetrador de forma prefijada y medir el aumento permanente de la profundidad de penetración, este proceso se lo muestra en la Figura 7.

Existen dos clases de penetradores: 1) Para materiales blandos (entre 60 y 150 HV) se utiliza un penetrador de acero de forma esférica con un diámetro de 1.59mm, y así se obtiene la escala de dureza Rockwell C (HRC); 2) Para materiales duros (entre 235 y 1035HV) se emplea un cono de diamante con ángulo de 120° obteniéndose así la escala de dureza Rockwell C (HCR).

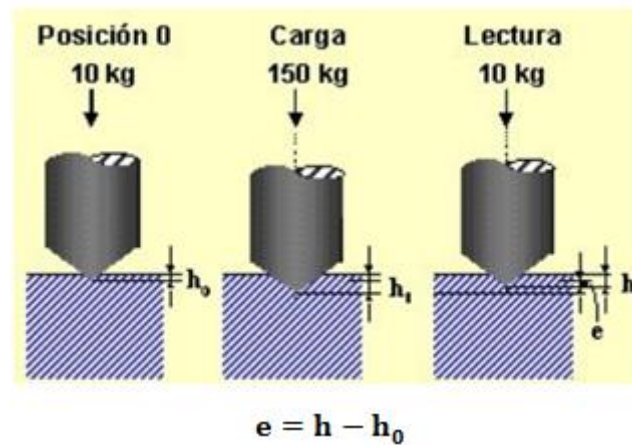


Figura 6. Ensayo de Dureza Rockwell.
Fuente [10]

1.3.2.1.3 Dureza Vickers

Para medir la dureza en este ensayo se lo realiza mediante la penetración de un indentador en forma de diamante el cual forma un ángulo de 136° entre sus caras laterales en la superficie a ensayar, en este ensayo no se necesita cambiar de indentador para los diferentes materiales ya que se utiliza el mismo, las cargas que se aplican pueden variar entre 10 gf hasta 100 kgf, el tiempo que se mantiene la carga en la superficie a ensayar puede ser de 10 a 30 segundos siendo 15 segundos el tiempo más óptimo para la aplicación de la carga, este proceso se lo muestra en la Figura 8.- Para calcular la dureza luego de aplicar la carga se la calcula mediante la siguiente formula [11].

$$Hv = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{1,8544P}{d^2} = \frac{P}{S}$$

Dónde:

Hv = Dureza Vickers

P = Carga aplicada, en kgf o kp

d = Valor promedio de la diagonal de la huella dejada por el indentador en la superficie ensayada, en mm

α = Ángulo entre las aristas del diamante piramidal opuestas, en grados

S = Superficie de la huella, en mm^2

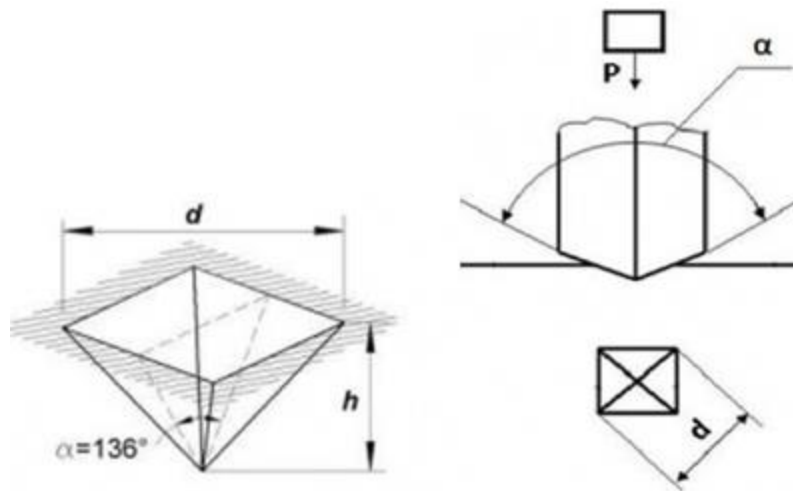


Figura 7. Esquema del Ensayo de Dureza Vickers.

Fuente [11]

1.3.2.2 Ensayo de tracción

Este ensayo es una manera básica de adquirir información del comportamiento mecánico de los materiales.- Para la realización de este ensayo se ocupa una máquina como se muestra en la Figura 9 la cual mediante la aplicación de una fuerza uniaxial en el sentido del eje de la muestra, deforma la probeta del material a estudiar, mientras se va deformando la muestra o probeta, se va registrando la fuerza (carga), llegando por lo general hasta la fractura de la probeta.- De manera que el resultado inmediato es una curva de carga frente a alargamiento, los cuales transformados en tensión y deformación, en función de la geometría de la probeta ensayada, aportan una información más general.

El ensayo tiene como objetivo definir la resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material cuando se somete a fuerzas uniaxiales [12].

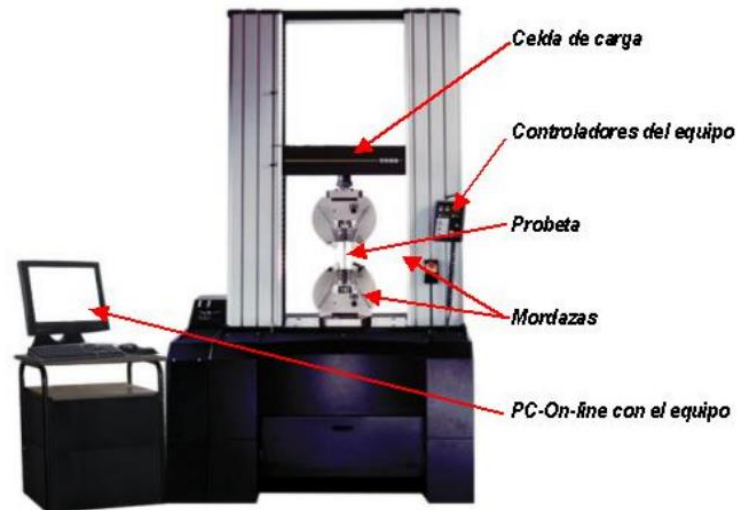


Figura 8. Equipo y componentes para ensayo de tracción.

Fuente [10]

Para la aplicación de este ensayo en la investigación se empleara la Norma ASTM E8 la cual especifica las dimensiones y consideraciones de las probetas para ensayar.

1.3.2.3 Ensayo de impacto

Este ensayo permite determinar la energía absorbida en la rotura de una probeta normalizada producida por un golpe seco de un martillo en su caída.- Para la realización de este ensayo se utiliza comúnmente el Péndulo de Charpy como se muestra en la Figura 10.- Para la realización de este ensayo se utiliza probetas normalizadas según la Norma ASTM E23 [10].



Figura 9. Péndulo de Charpy.

Fuente [10]

1.4 Hipótesis

El análisis del bronce fosforado de corte libre C54400 combinado por mezcla de polvos, permitirá determinar las propiedades mecánicas de dureza, tracción e impacto.

1.4.1 Señalamiento de las variables de la hipótesis

1.4.1.1 Variables independientes

Tamaño de grano, fracción volumétrica, temperatura de sinterización.

1.4.1.2 Variables dependientes

Propiedades mecánicas: dureza, resistencia última a la tracción y resistencia al impacto.

1.4.2 Terminación de relación

Análisis.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Resistencia de los materiales

La resistencia de materiales aborda el estudio de la resistencia (estado de tensiones) y la rigidez (estado de deformaciones) de cuerpos sólidos deformables sometidos a la acción de sistemas de equilibrio estático.

2.1.1.1 Propiedades del cobre

El cobre es el tercer metal más usado en la industria por sus propiedades físicas las cuales facilitan su uso en diversas aplicaciones, posee una gran conductividad térmica y eléctrica, este material forma aleaciones con otros materiales para mejorar las prestaciones mecánicas y es resistente a la corrosión y oxidación.

El cobre y sus aleaciones poseen una buena maquinabilidad, lo que quiere decir es que son fáciles de mecanizar.- El cobre tiene gran ductilidad y maleabilidad lo que permite producir láminas e hilos muy delgados y finos.- Es un metal blando, con índice de dureza 3 en la escala de Mohs (50 en la escala de Vickers) y su resistencia a la tracción es de 210 MPa, con un límite elástico de 33,3 MPa.

2.1.1.2 Propiedades del estaño

El estaño es un metal plateado, maleable el cual no se oxida fácilmente y es muy resistente a la corrosión.- Se utiliza en diversas aleaciones y para recubrir otros metales protegiéndolos de la corrosión.

El estaño ordinario posee un punto de fusión de 232°C, un punto de ebullición de 2260°C y una densidad relativa de 7,28.- Su masa atómica es 118,29.

2.1.1.3 Propiedades del plomo

El plomo forma aleaciones con diversos metales, es un metal gris azulado, blando y pesado.- Al combinar con pequeñas porciones de arsénico, antimonio, cobre y metales alcalinos térreos aumenta su dureza.- Además su resistencia a la corrosión atmosférica, y al ataque de ácidos hace que sea muy útil.

2.1.1.4 Propiedades del zinc

Metal de color blanco azulado que arde en aire con llama verde azulada.- Al entrar en contacto con humedad crea una capa superficial de óxido que aísla al metal y lo protege de la corrosión.- También tiene gran resistencia a la deformación plástica en frío que disminuye en caliente, por lo cual se lamina por encima de los 100°C.- No se puede endurecer por acritud y presenta el fenómeno de fluencia a temperatura ambiente al

contrario que la mayoría de los metales, aleaciones y pequeñas cargas el más importante [13].

2.2 Métodos

2.2.1 Nivel o tipo de investigación

2.2.1.1 Exploratoria

Esta investigación nos permitirá determinar el tamaño adecuado del grano de los materiales, la temperatura de sinterización de las probetas para luego determinar las propiedades mecánicas del material aleado y su posible aplicación de acuerdo a las características que se obtenga.

2.2.1.2 Descriptivo

Durante esta investigación se lograría observar el proceso de obtención, mezcla, compactación, sinterización y comportamiento en los ensayos de los materiales alear, para describir correctamente las características mecánicas resultantes.

2.2.1.3 Experimental

En esta investigación al realizar los ensayos correspondientes a las probetas del material sinterizado se obtendrá datos para evaluar el comportamiento respecto a las propiedades mecánicas y adquirir diversos criterios de acuerdo a los resultados.

2.2.1.4 Correlacional

Con esta investigación se analiza los datos obtenidos en la investigación experimental para ver cuán correlacionados están, de que tipo y su intensidad.

2.2.2 Población y muestra

2.2.2.1 Población

La población a evaluar en la investigación será un conjunto de probetas de material comercial y artesanal de los materiales cobre, estaño, plomo y zinc obtenidas mediante la mezcla y compactación de polvos, además de un proceso de sinterizado de las probetas, con porcentajes en su composición del 88% cobre, 4% estaño, 4% plomo y 4% zinc.- Para ver las propiedades mecánicas las probetas se deben someter a ensayos de dureza, tracción e impacto, bajo normas estandarizadas.

2.2.2.2 Muestra

La muestra se consideró un cierto número de probetas del material sinterizado cobre, estaño, plomo y zinc combinados por mezcla de polvos.- El número de probetas se estimó de acuerdo a las Normas a utilizar, para el ensayo de dureza se aplica la norma NTE INEN ISO 6507-1 en la cual no manifiesta el número de mediciones por lo cual se procederá a realizar 5 mediciones, para el ensayo de tracción se empleara la norma

ASTM E8 en la cual determina que el número mínimo de probetas es 5 y para el ensayo de impacto se usara la norma ASTM E23 en la cual no especifica un número de probetas para la realización del ensayo, por lo cual se empleara un número de 5 probetas como en el caso del ensayo a tracción, en la Tabla 3 se especifica la muestra.

Tabla 3. Especificaciones de la muestra.

Ensayo	Dureza	Tracción	Impacto
Norma	NTE INEN ISO 6507-1	ASTM E8	ASTM E23
N° de probetas	5	5	5

Fuente [Autor]

2.2.3 Operalización de variables

2.2.3.1 Variable independiente

Material sinterizado cobre, estaño, plomo y zinc combinados por mezcla de polvos, en la Tabla 4 se muestra las variables independientes.

Tabla 4. Variable independiente.

Contextualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
El proceso de pulvimetalurgia consta de la mezcla de polvos de distintos materiales los cuales deben poseer un tamaño adecuado de grano previo a la mezcla, luego se procede a la mezcla de los materiales de acuerdo a los porcentajes necesarios para la obtención de un nuevo material, de ahí pasa al proceso de compactado y finalmente el sinterizado del material.	Material	Cobre	Artesanal	Investigación bibliográfica
		Estaño		
		Plomo	Comercial	
		Zinc		
	Tamizaje	Tamaño del grano	45um a 63um	Observación directa
	Porcentaje de mezcla	Fracción porcentual	88% Cu 4% Sn 4% Pb 4% Zn	Toma de datos
Temperatura de sinterizado en las probetas.	Temperatura. °C	800°C	Recolección de datos	
		900°C		

Fuente [Autor]

2.2.3.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas, en la Tabla 5 se muestra las variables dependientes.

Tabla 5. Variable dependiente.

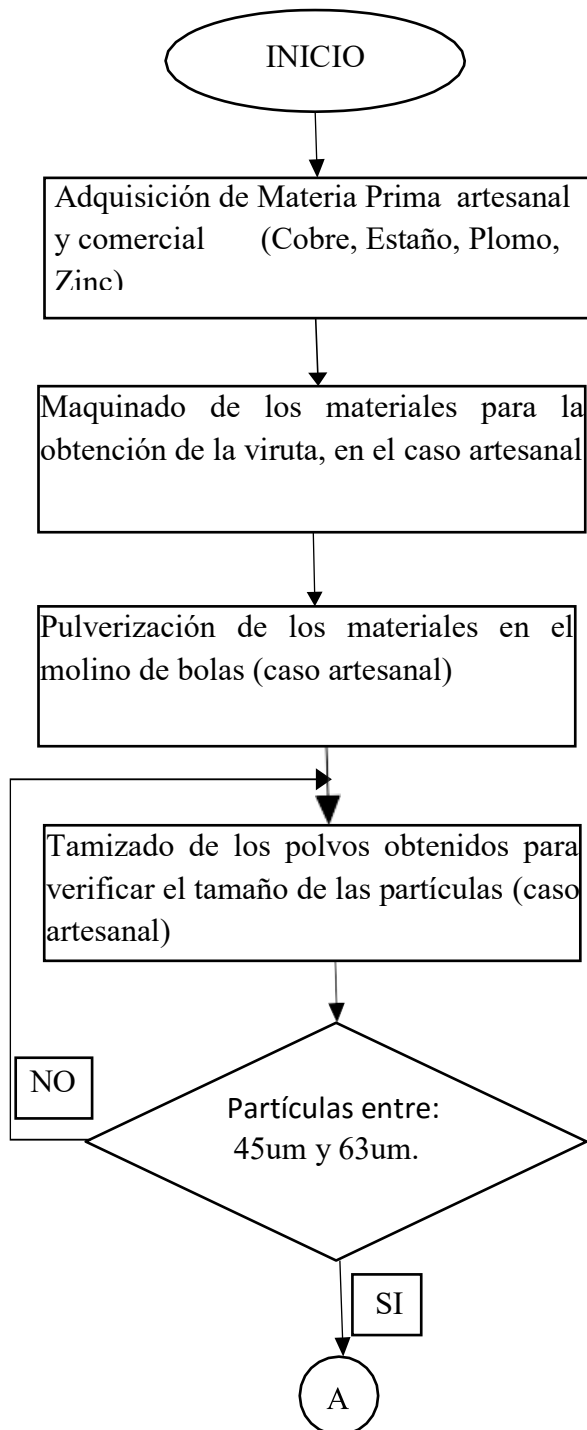
Contextualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Las propiedades mecánicas de los materiales determinan las características que poseen, las cuales se pueden evaluar mediante ensayos en los cuales se aplican fuerzas externas para adquirir los valores de sus respectivas propiedades de acuerdo al tipo de ensayo realizado.	Ensayos de:	Dureza Vickers	Norma NTE INEN ISO 6507-1	Experimentación Ensayos mecánicos
	Dureza			
	Tracción	Resistencia última a la tracción	Norma ASTM E8	Durómetro Maquina universal
	Impacto	Resistencia al impacto	Norma ASTM E23	Péndulo de Charpy Observación de laboratorio

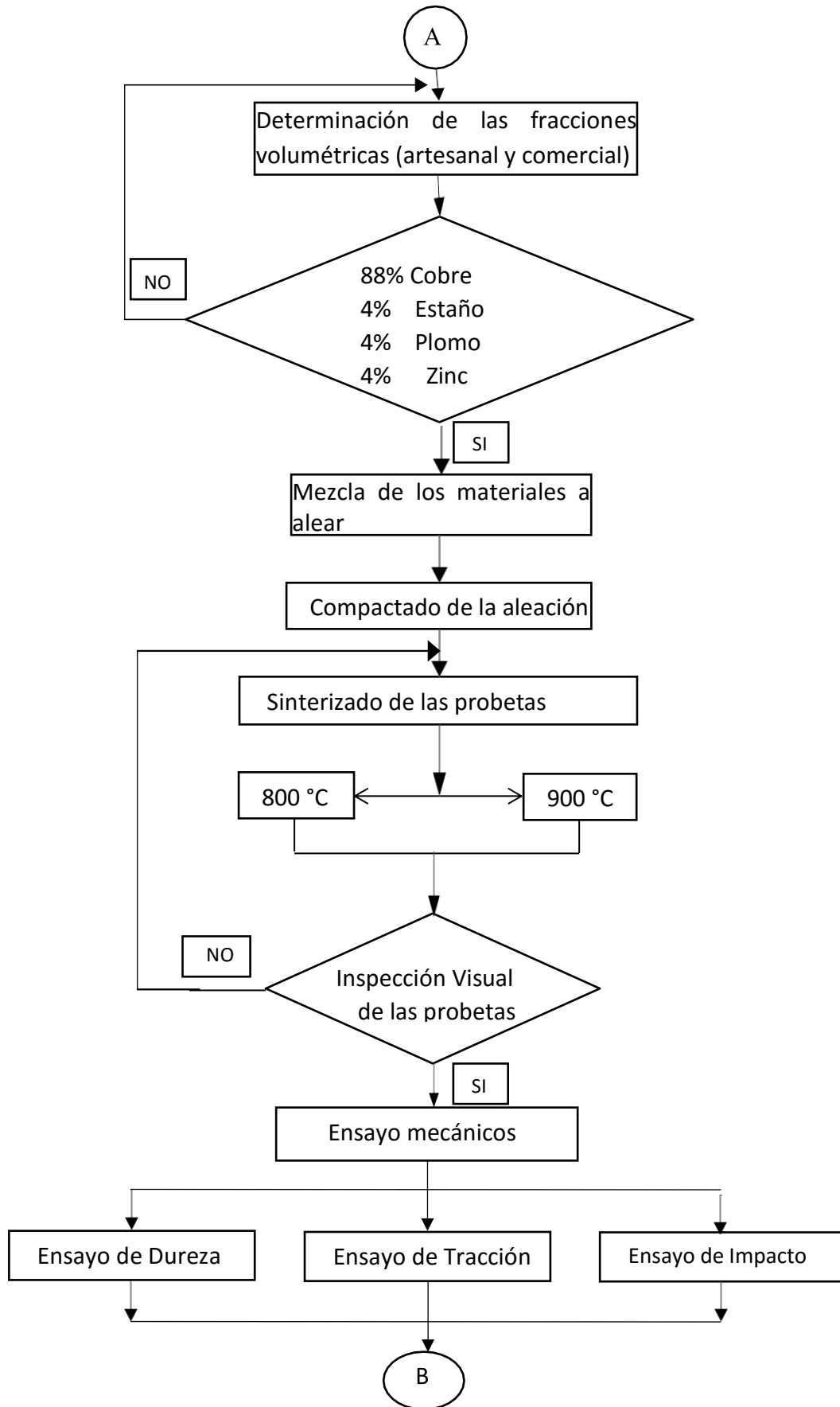
Fuente [Autor]

2.2.4 Plan de recolección de información

Para la recolección de datos del proyecto experimental se procedió mediante la recolección de información bibliográfica, métodos de observación y recolección de información, en el siguiente diagrama de flujo se muestra de forma más detallada el proceso que se realizó, en la Figura 11 se muestra el plan de recolección de información.

2.2.4.1 Diagrama de flujo para la obtención de las probetas a experimentar





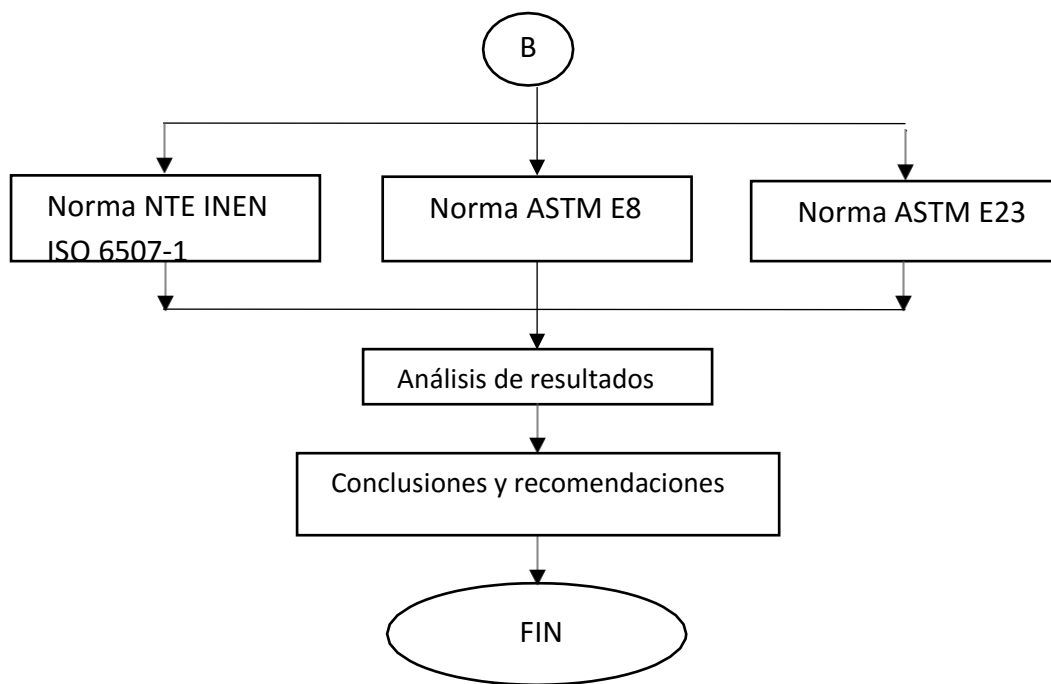





Figura 10. Diagrama de flujo.
Fuente Autor

2.2.4.2 OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales a utilizarse para el desarrollo de la investigación son los siguientes: cobre, estaño, plomo y zinc, los cuales.- El cobre fue adquirido en forma de eje, el estaño se adquirió en barras pequeñas, el plomo fue obtenido de las pesas que se usan en los vehículos para balancear las llantas y el zinc fue adquirido de la Industria Metal química Galvano en forma de lingote, en la Tabla 6 se muestra los materiales a utilizar.

Tabla 6. Materiales a utilizar.

Material	Imágenes de los materiales
Cobre	

Estaño	
Plomo	
Zinc	

Fuente [Autor]

2.2.4.3 OBTENCIÓN DE LA VIRUTA

Para la obtención de la viruta de los distintos materiales se procedió de distintas formas de acuerdo al material, para la obtención de la viruta del cobre se utilizó el torno que se encuentra en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica mediante el cual se fue

devastando el eje de manera uniforme como se muestra en la Figura 12 y Figura 13, para la obtención de la viruta del estaño, plomo y zinc debido a que sus propiedades mecánicas son más maleables en comparación al cobre, se procedió a limar los materiales de manera manual esto para evitar la contaminación de los materiales como se muestra en la Figura 14 y, por lo cual al ser limado se obtuvo un tamaño de grano listo para el proceso de tamizaje en la Figura 15 se muestra los materiales a tamizar.



Figura 11. Maquinado del eje de cobre.
Fuente [Autor]



Figura 12. Viruta de cobre.
Fuente [Autor]



Figura 13. Limado manual del estaño, plomo y zinc.
Fuente [Autor]



Figura 14. Polvo del estaño, plomo y zinc
Fuente [Autor]

2.2.4.4 Proceso de molienda

En este proceso se utiliza el molino de bolas attritor ubicado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, para la utilización de esta máquina se debe revisar y limpiar el cilindro de molienda para evitar contaminación del material, luego se procede a colocar en la cámara de molienda la viruta del cobre anteriormente obtenida, junto con las bolas de acero mediante las cuales al movimiento rotatorio del cilindro de molienda se va pulverizando la viruta, este proceso duro por un periodo de 4 horas debido a las propiedades que posee el cobre.- Este proceso de molienda se realizó únicamente con la viruta de cobre como se muestra en la Figura 16.



Figura 15. Proceso de molienda.
Fuente [Autor]

2.2.4.5 Tamizaje de los materiales

En este proceso se coloca el polvo obtenido en los tamices desde el de mayor tamaño de grano hasta el de 45 μm que es el tamaño adecuado de grano para el proceso de

pulvimetalurgia, este proceso se lo realiza para cada material durante un tiempo de 15 minutos en la máquina y colocando en porciones de material no mayor a 0.5 kg, en la Figura 17 se muestra la máquina en la cual se tamiza los materiales.



Figura 16. Tamizaje de los materiales.
Fuente [Autor]

2.2.4.6 Calculo de las fracciones volumétricas

Peso del cobre para las probetas de tracción del polvo artesanal y comercial.

$$19,7 \text{ g} \rightarrow 100\%$$

$$Cu \rightarrow 88\%$$

$$Cu = \frac{19,7 \times 88}{100}$$

$$Cu = 17,336 \text{ g}$$

Peso del plomo, estaño y zinc para las probetas de tracción del polvo artesanal y comercial, se procede a un solo cálculo debido a que los tres materiales son iguales en sus porcentajes.

$$19,7 \text{ g} \rightarrow 100\%$$

$$Pb \rightarrow 4\%$$

$$Pb = \frac{19,7 \times 4}{100}$$

$$Pb = 0,788 \text{ g}$$

$$Sn = 0,788 \text{ g}$$

$$Zn = 0,788 \text{ g}$$

Peso del cobre para las probetas de impacto del polvo artesanal y comercial.

$$51,5 \text{ g} \rightarrow 100\%$$

$$Cu \rightarrow 88\%$$

$$Cu = \frac{51,5 \times 88}{100}$$

$$Cu = 45,32 \text{ g}$$

Peso del plomo, estaño y zinc para las probetas de impacto del polvo artesanal y comercial, se procede a un solo cálculo debido a que los tres materiales son iguales en sus porcentajes.

$$51,5 \text{ g} \rightarrow 100\%$$

$$Pb \rightarrow 4\%$$

$$Pb = \frac{51,5 \times 4}{100}$$

$$Pb = 2,06 \text{ g}$$

$$Sn = 2,06 \text{ g}$$

$$Zn = 2,06 \text{ g}$$

2.2.4.7 Mezcla de los materiales

Para la mezcla de los polvos se utilizó el molino de bolas planetario como se muestra en la Figura 18, el cual se encuentra ubicado en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en el cual se coloca las diferentes proporciones de los materiales en pesos no mayor a 200 gr por cada recipiente, el tiempo de mezcla es de 20 minutos para conseguir una mezcla homogénea de los diferentes materiales.



Figura 17. Mezcla de los materiales.

Fuente [Autor]

2.2.4.8 Compactado de las probetas

Para este proceso se utilizó la prensa que se encuentra en el laboratorio de soldadura de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica la cual se muestra en la Figura 19, para la compactación de las probetas se utilizó una presión de 250 MPa el tiempo de compactado es de 5 minutos por probeta.



Figura 18. Compactado de las probetas.
Fuente [Autor]

2.2.4.9 Sinterizado

El proceso de sinterizado se lo realiza en el horno de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, los dos primeros grupos se procede a sinterizar a una temperatura de 800°C por un tiempo de 30 minutos, el segundo grupo se sinteriza a temperatura de 900°C por 30 minutos, para los dos casos se utilizó cemento refractario para evitar que se produzcan torceduras de las probetas y se dejó enfriar en el mismo horno hasta que llegue a la temperatura ambiente, en la Figura 20 se muestra el proceso de sinterizado.



Figura 19. Sinterizado.
Fuente. [Autor]

2.2.5 Ensayos mecánicos

Estos ensayos se los llevo a cabo en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero ubicado en Ambato para determinar las propiedades mecánicas anteriormente mencionadas.

2.2.5.1 Ensayo de dureza

Para este ensayo se utilizó la máquina para dureza Vickers Micro-durómetro FUTURE TECH que se muestra en la Figura 21 utilizada en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero en la cual se procede a colocar la probeta adecuadamente pulida en la máquina mediante la cual se aplica la carga con un indentador en forma de diamante, este ensayo fue hecho bajo la norma NTE INEN ISO 6507-1.



Figura 20. Ensayo de dureza.
Fuente [Autor]

2.2.5.2 Ensayo de tracción

En este ensayo se procedió a colocar lijas en las zonas de agarre de las probetas debido a que las superficies lisas no tenía un agarre adecuado y se resbalaba, luego se procede a colocar las probetas en las mordazas para que se continúe con el ensayo en el cual se obtendrá la fractura de la probeta mediante la aplicación de una fuerza como se muestra en la Figura 22, este procedimiento nos proporciona datos de las propiedades mecánicas, este ensayo fue realizado bajo la norma ASTM E8M – 16a.



Figura 21. Ensayo de tracción.
Fuente [Autor]

2.2.5.3 Ensayo de impacto

En este ensayo se procede a colocar la probeta en la máquina de Charpy PIC 450 J ubicada en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, la cual mediante un péndulo fractura la probeta y se obtiene el valor de la energía absorbida, para este ensayo no se necesita entalle en la probeta ya que en la norma no especifica entalle para estos materiales en la Figura 23 se muestra el procedimiento, la norma que se utilizó para este ensayo fue la ASTM E23 – 16b.

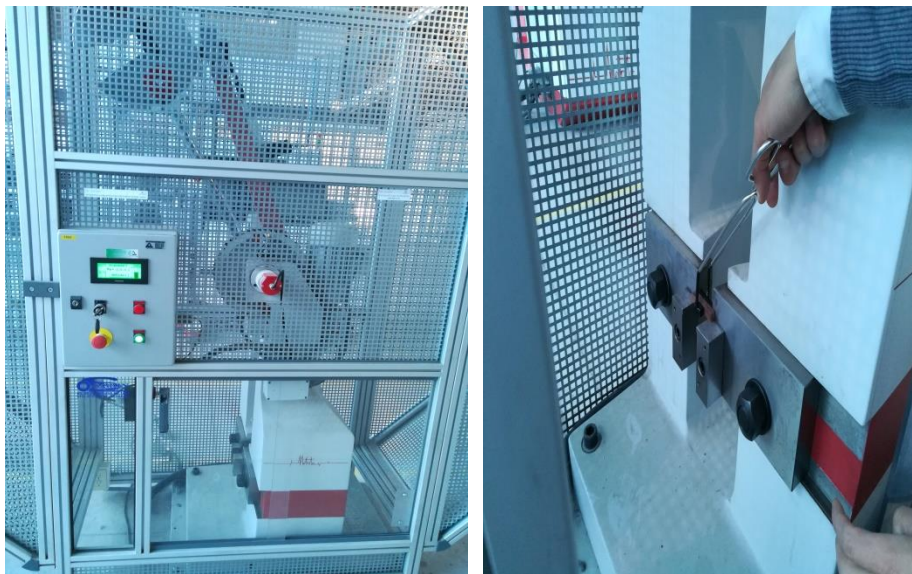


Figura 22. Ensayo de impacto.
Fuente [Autor]

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Análisis e interpretación de los ensayos de dureza

Luego de realizar el ensayo de dureza de los diferentes grupos bajo la norma NTE INEN ISO 6507-1, se procede analizar los resultados, como se muestra desde la Tabla 7 hasta la Tabla 10.

Para la denominación de las probetas se utilizó de la siguiente manera: EDVA01-1, EDVC02-1, EDVA03-1 y EDVC04-1.

Dónde:

EDV: Ensayo de dureza Vickers.

A: Material artesanal.

C: Material comercial.


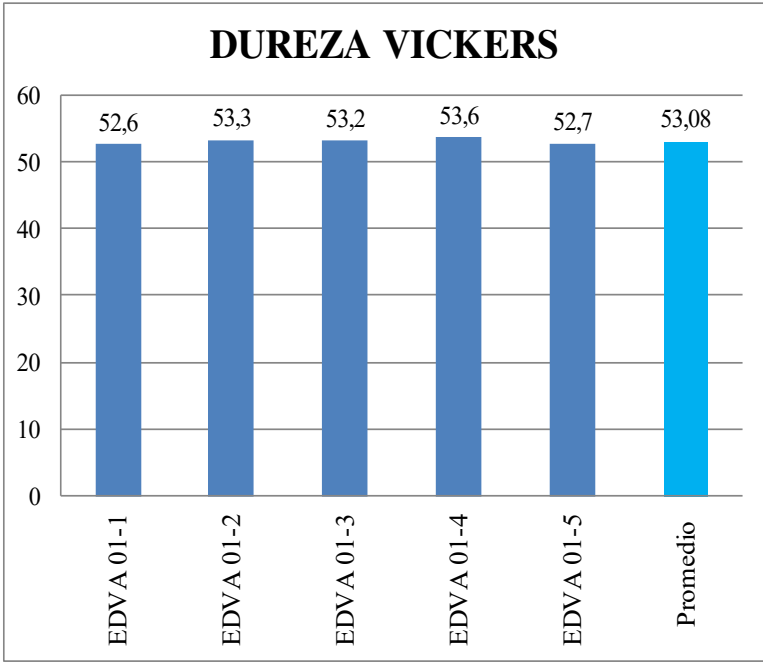
01: Número de grupo.

1: Número de la probeta.

Tabla 7. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 1.




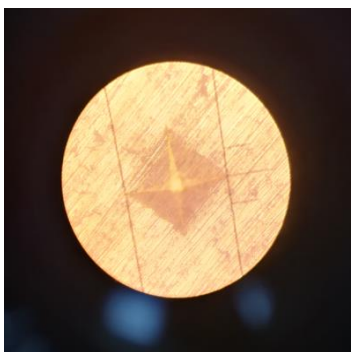
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Micro-durómetro FUTURE TECH		
Fecha:	11/11/2019	Ciudad:	Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL			
Tipo de material		Artesanal	
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	800°C
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo de ensayo	Dureza Vickers	Norma	NTE INEN-ISO 6507-1
Fuerza aplicada	4,903 N	Tiempo de aplicación de la fuerza	15 segundos

Continuación Tabla 7.

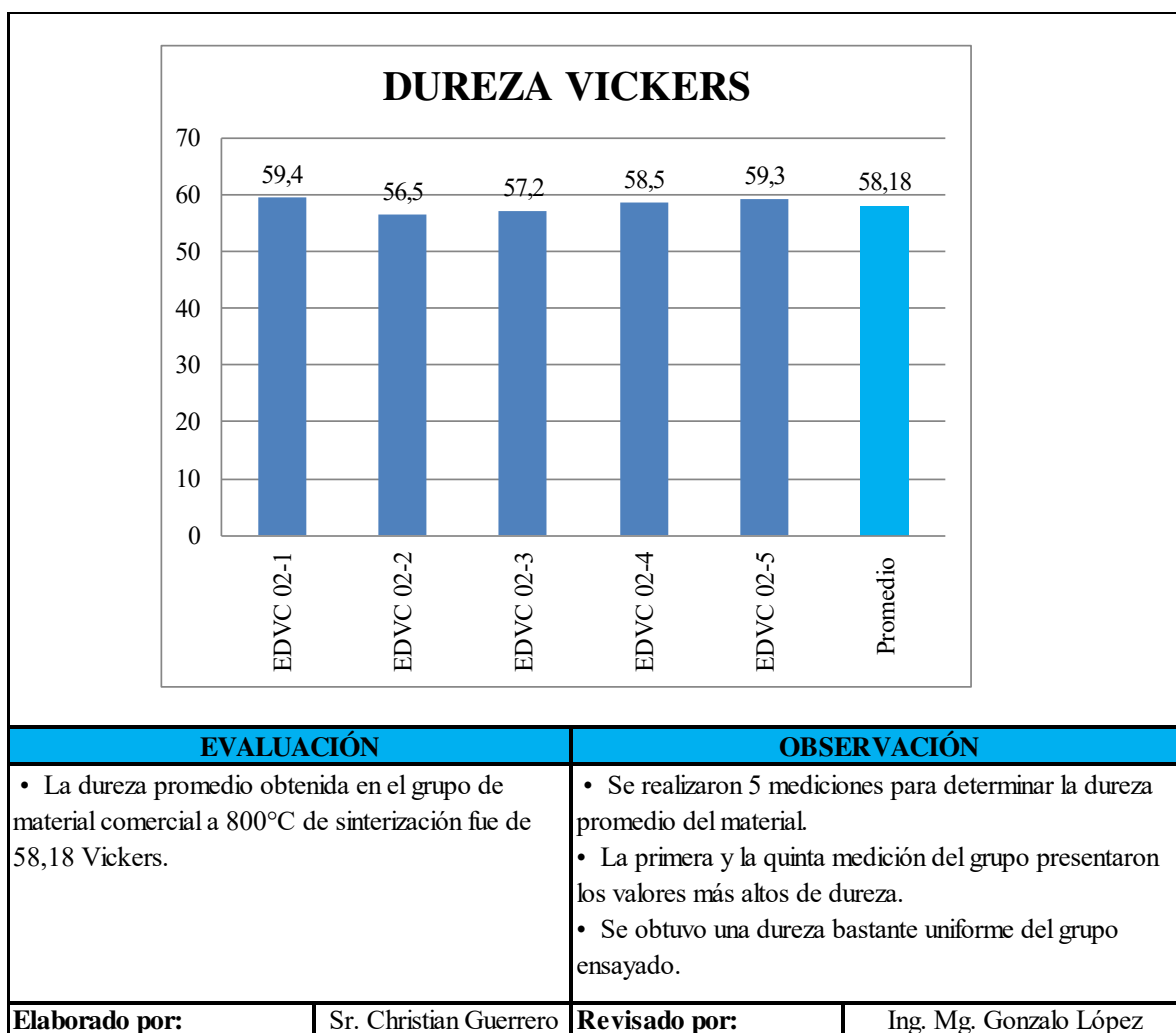
RESULTADOS																		
Grupo 1	Fuerza (N)	Diagonal 1 (um)	Diagonal 2 (um)	Dureza HV 0,5														
EDVA 01-1	9,903	133,49	132,14	52,6														
EDVA 01-2	9,903	132,02	131,8	53,3														
EDVA 01-3	9,903	131,85	132,19	53,2														
EDVA 01-4	9,903	130,89	132,15	53,6														
EDVA 01-5	9,903	132,94	132,95	52,7														
Promedio				53,08														
Desviación estándar				0,42														
Coefficiente de variación CV				0,79														
GRÁFICAS																		
<p style="text-align: center;">DUREZA VICKERS</p>  <table border="1"> <caption>Data for DUREZA VICKERS chart</caption> <thead> <tr> <th>Grupo</th> <th>Dureza HV 0,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EDVA 01-1</td> <td>52,6</td> </tr> <tr> <td>EDVA 01-2</td> <td>53,3</td> </tr> <tr> <td>EDVA 01-3</td> <td>53,2</td> </tr> <tr> <td>EDVA 01-4</td> <td>53,6</td> </tr> <tr> <td>EDVA 01-5</td> <td>52,7</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>53,08</td> </tr> </tbody> </table>					Grupo	Dureza HV 0,5	EDVA 01-1	52,6	EDVA 01-2	53,3	EDVA 01-3	53,2	EDVA 01-4	53,6	EDVA 01-5	52,7	Promedio	53,08
Grupo	Dureza HV 0,5																	
EDVA 01-1	52,6																	
EDVA 01-2	53,3																	
EDVA 01-3	53,2																	
EDVA 01-4	53,6																	
EDVA 01-5	52,7																	
Promedio	53,08																	
EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> La dureza promedio obtenida en el grupo de material artesanal a 800°C de sinterización fue de 53,08 Vickers. 		<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron 5 mediciones para determinar la dureza promedio del material. La segunda y la cuarta medición del grupo presentaron los valores más altos de dureza. Se obtuvo una dureza bastante uniforme del grupo ensayado. 																
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López															

Fuente. [Autor]

Tabla 8. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 2.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Micro-durómetro FUTURE TECH			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	800°C		
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Dureza Vickers	Norma		NTE INEN-ISO 6507-1
Fuerza aplicada		4,903 N	Tiempo de aplicación de la fuerza		15 segundos
RESULTADOS					
Grupo 2	Fuerza (N)	Diagonal 1 (um)	Diagonal 2 (um)	Dureza HV 0,5	
EDVC 02-1	9,903	124,01	125,81	59,4	
EDVC 02-2	9,903	127,26	128,91	56,5	
EDVC 02-3	9,903	127,09	127,61	57,2	
EDVC 02-4	9,903	125,85	125,88	58,5	
EDVC 02-5	9,903	124,3	125,83	59,3	
Promedio	 				58,18
Desviación estándar					1,29
Coefficiente de variación CV					2,21
GRÁFICAS					

Continuación Tabla 8.


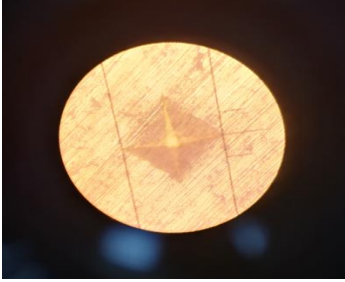
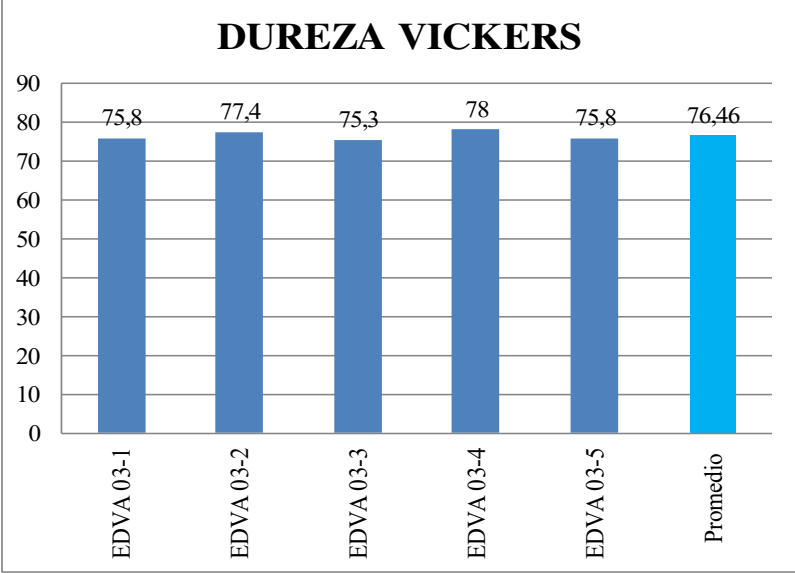


Fuente. [Autor]

Tabla 9. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 3.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Micro-durómetro FUTURE TECH		
Fecha:	11/11/2019	Ciudad: Ambato	
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL			
Tipo de material		Artesanal	
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um

Continuación Tabla 9.

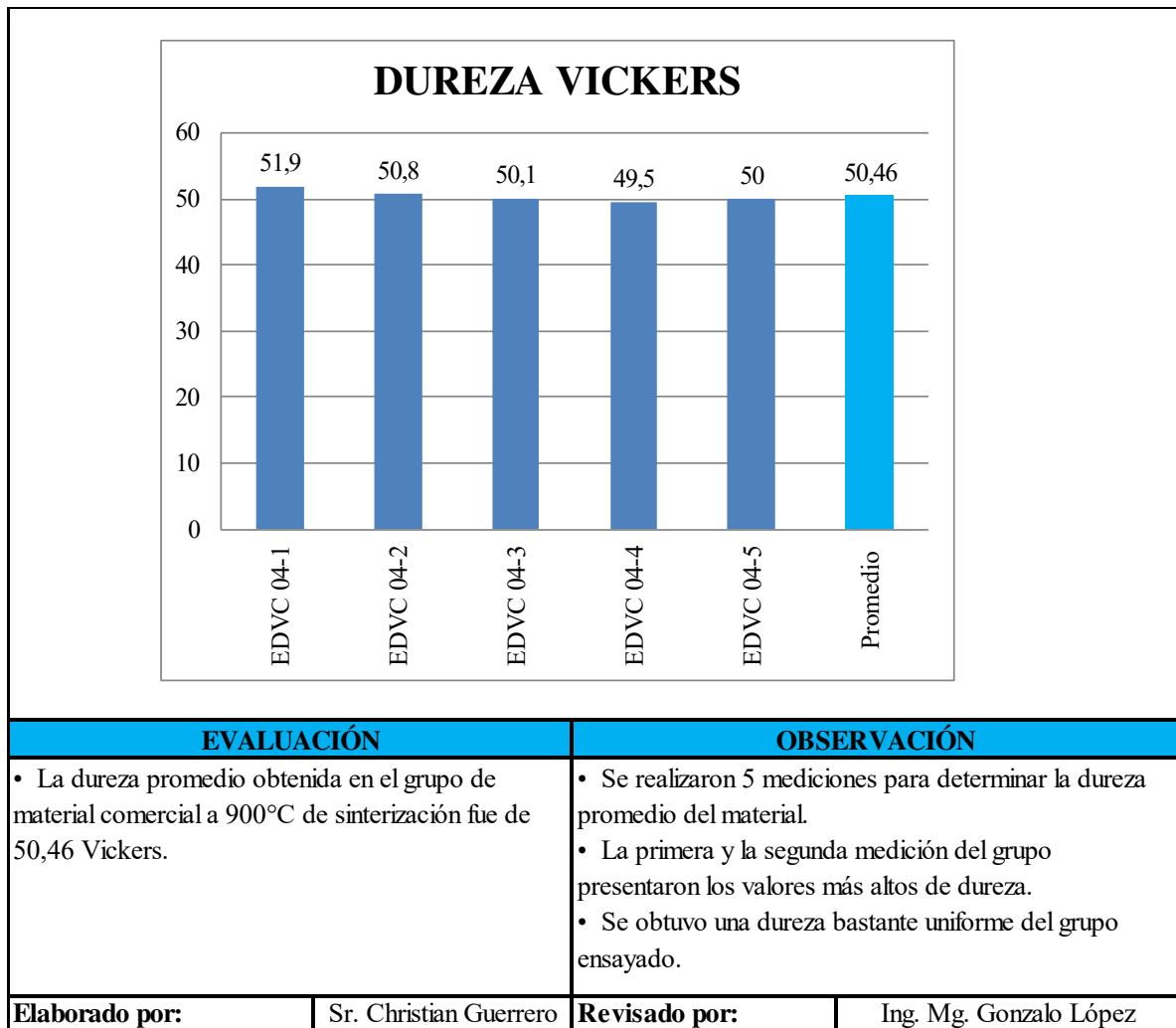
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
Tipo de ensayo	Dureza Vickers	Norma	NTE INEN-ISO 6507-1	
Fuerza aplicada	4,903 N	Tiempo de aplicación de la fuerza	15 segundos	
RESULTADOS				
Grupo 3	Fuerza (N)	Diagonal 1 (um)	Diagonal 2 (um)	Dureza HV 0,5
EDVA 03-1	9,903	110,67	110,48	75,8
EDVA 03-2	9,903	109,76	109,11	77,4
EDVA 03-3	9,903	111,06	110,9	75,3
EDVA 03-4	9,903	109,16	108,81	78
EDVA 03-5	9,903	110,08	111,19	75,8
Promedio	 			76,46
Desviación estándar				1,17
Coefficiente de variación CV				1,53
GRÁFICAS				
<p style="text-align: center;">DUREZA VICKERS</p> 				
EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> La dureza promedio obtenida en el grupo de material artesanal a 900°C de sinterización fue de 76,46 Vickers. 		<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron 5 mediciones para determinar la dureza promedio del material. La segunda y la cuarta medición del grupo presentaron los valores más altos de dureza. Se obtuvo una dureza bastante uniforme del grupo ensayado. 		
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	

Fuente. [Autor]

Tabla 10. Recolección de datos del ensayo de dureza Vickers grupo 4.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Micro-durómetro FUTURE TECH			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C		
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Dureza Vickers	Norma		NTE INEN-ISO 6507-1
Fuerza aplicada		4,903 N	Tiempo de aplicación de la fuerza		15 segundos
RESULTADOS					
Grupo 4	Fuerza (N)	Diagonal 1 (um)	Diagonal 2 (um)	Dureza HV 0,5	
EDVC 04-1	9,903	133,57	133,83	51,9	
EDVC 04-2	9,903	135,08	135,01	50,8	
EDVC 04-3	9,903	135,32	136,88	50,1	
EDVC 04-4	9,903	136,28	137,4	49,5	
EDVC 04-5	9,903	136,45	135,79	50	
Promedio	 				50,46
Desviación estándar					0,93
Coefficiente de variación CV					1,84
GRÁFICAS					

Continuación Tabla 10.



Fuente. [Autor]

3.1.2 Análisis e interpretación de los ensayos de tracción.

Luego de realizar el ensayo de tracción de los diferentes grupos bajo la ASTM E8/E8M-16a se procede analizar los resultados como se muestra desde la Tabla 11 hasta la Tabla 14.

Para la denominación de las probetas se utilizó de la siguiente manera: ETMA01-1, ETMC02-1, ETMA03-1 y ETMC04-1.

Dónde:

ETM: Ensayo de tracción mecánica.

A: Material artesanal.

C: Material comercial.

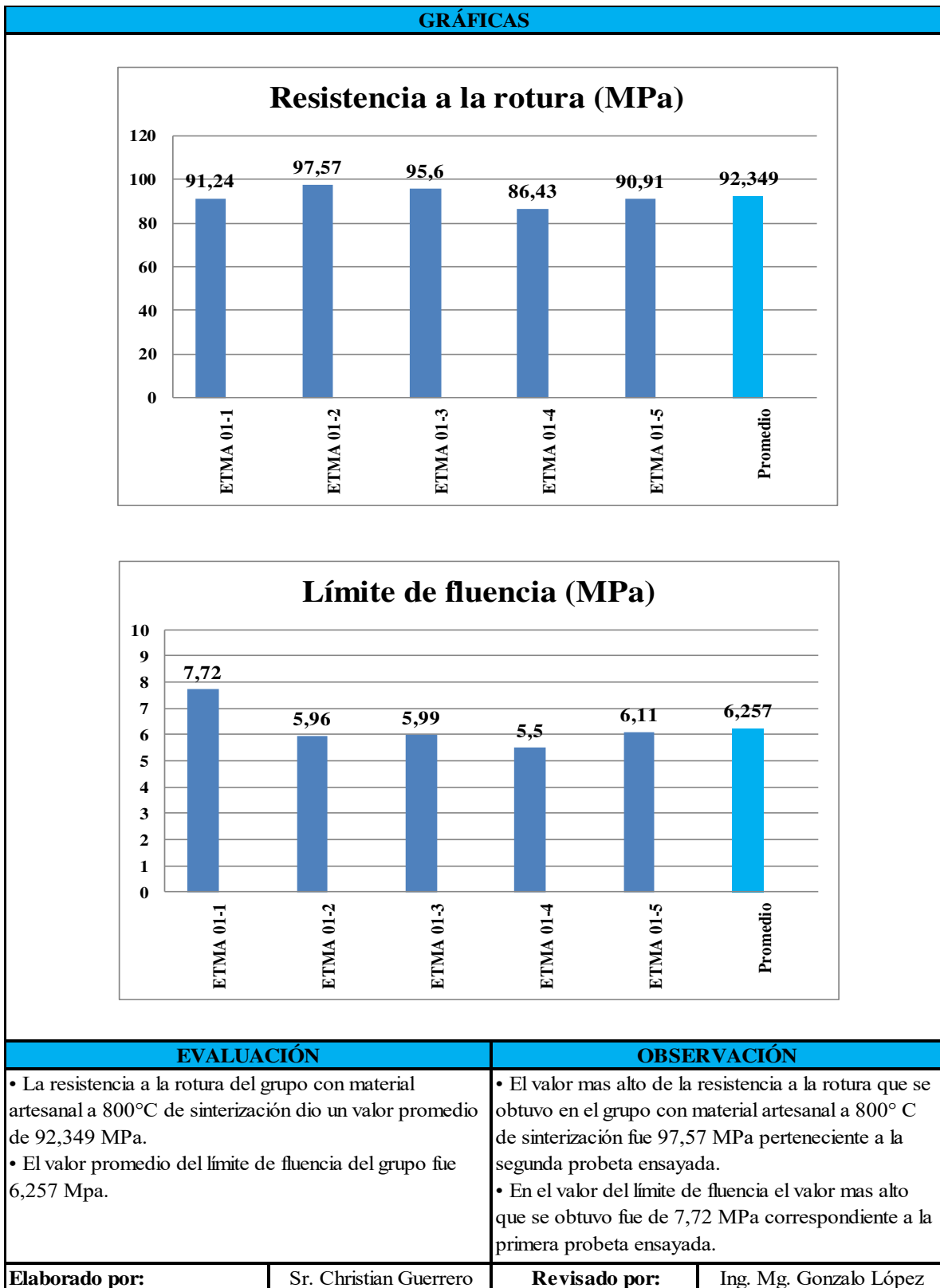
01: Número de grupo.

1: Número de la probeta.

Tabla 11. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 1.



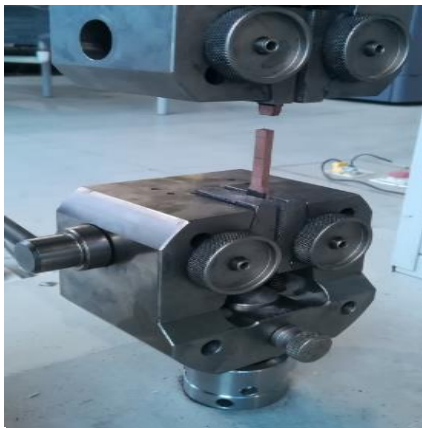

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina de ensayos universal Metrotest 50 KN			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Artesanal		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	800°C		
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Prueba de tensión	Norma		ASTM E8/E8M- 16a
RESULTADOS					
Grupo 1	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Límite de fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (Mpa)	% Elongación
ETMA 01-1	184,6	2180,53	7,72	91,24	1,89
ETMA 01-2	143,58	2349,35	5,96	97,57	1,06
ETMA 01-3	143,58	2292,55	5,99	95,6	2,95
ETMA 01-4	132,53	2081,13	5,5	86,43	2,13
ETMA 01-5	146,74	2183,68	6,11	90,91	1,73
Promedio	150,206	2217,448	6,257	92,349	1,953
Desviación estándar	19,97	105,029	0,852	4,364	0,685
Coefficiente de variación CV	13,3	4,74	13,61	4,73	35,05
PROBETAS ENSAYADAS					
					

Continuación Tabla 11.



Fuente. [Autor]

Tabla 12. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 2.





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina de ensayos universal Metrotest 50 KN			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%		Material 3 %	Plomo 4%	
Material 2 %	Estaño 4%		Material 4 %	Zinc 4%	
Granulometría	Grano mixto		T Sinterizado	800°C	
Presión de compactado	4650 Psi		Tamaño de las partículas	45um - 63um	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Prueba de tensión	Norma		ASTM E8/E8M-16a
RESULTADOS					
Grupo 2	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Límite de fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (Mpa)	% Elongación
ETMC 02-1	132,53	2887,39	5,6	121,95	4,65
ETMC 02-2	145,16	3172,97	6,86	149,91	7,01
ETMC 02-3	162,51	3161,92	7,73	150,45	1,77
ETMC 02-4	112,02	3054,63	5,21	142,1	4,02
ETMC 02-5	110,45	3258,17	5,04	148,75	2,48
Promedio	132,534	3107,016	6,088	142,63	3,984
Desviación estándar	22,173	142,471	1,162	12,039	2,046
Coefficiente de variación CV	16,73	4,59	19,09	8,44	51,34
PROBETAS ENSAYADAS					
					

Continuación Tabla 12.

GRÁFICAS																	
<p style="text-align: center;">Resistencia a la rotura (MPa)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ETMC</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETMC 02-1</td> <td>121,95</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-2</td> <td>149,91</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-3</td> <td>150,45</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-4</td> <td>142,1</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-5</td> <td>148,75</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>142,63</td> </tr> </tbody> </table>				ETMC	Resistencia (MPa)	ETMC 02-1	121,95	ETMC 02-2	149,91	ETMC 02-3	150,45	ETMC 02-4	142,1	ETMC 02-5	148,75	Promedio	142,63
ETMC	Resistencia (MPa)																
ETMC 02-1	121,95																
ETMC 02-2	149,91																
ETMC 02-3	150,45																
ETMC 02-4	142,1																
ETMC 02-5	148,75																
Promedio	142,63																
<p style="text-align: center;">Límite de fluencia (MPa)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ETMC</th> <th>Límite de fluencia (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETMC 02-1</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-2</td> <td>6,86</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-3</td> <td>7,73</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-4</td> <td>5,21</td> </tr> <tr> <td>ETMC 02-5</td> <td>5,04</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>6,088</td> </tr> </tbody> </table>				ETMC	Límite de fluencia (MPa)	ETMC 02-1	5,6	ETMC 02-2	6,86	ETMC 02-3	7,73	ETMC 02-4	5,21	ETMC 02-5	5,04	Promedio	6,088
ETMC	Límite de fluencia (MPa)																
ETMC 02-1	5,6																
ETMC 02-2	6,86																
ETMC 02-3	7,73																
ETMC 02-4	5,21																
ETMC 02-5	5,04																
Promedio	6,088																
EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN															
<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia a la rotura del grupo con material comercial a 800°C de sinterización dio un valor promedio de 142,63 Mpa. • El valor promedio del límite de fluencia del grupo fue 6,088 MPa. 		<ul style="list-style-type: none"> • El valor mas alto de la resistencia a la rotura que se obtuvo en el grupo con material comercial a 800° C de sinterización fue 150,45 MPa perteneciente a la tercera probeta ensayada. • En el valor del límite de fluencia el valor mas alto que se obtuvo fue de 7,73 MPa correspondiente a la tercera probeta ensayada. 															
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López														

Fuente. [Autor]

Tabla 13. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 3.





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina de ensayos universal Metrotest 50 KN			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Artesanal		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C		
Presión de compactado	4650 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Prueba de tensión	Norma		ASTM E8/E8M-16a
RESULTADOS					
Grupo 3	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Límite de fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (Mpa)	% Elongación
ETMA 03-1	121,49	2407,73	5,16	102,32	1,02
ETMA 03-2	167,25	2666,49	6,68	106,48	1,93
ETMA 03-3	170,4	2120,57	7,4	92,11	2,01
ETMA 03-4	217,74	2355,66	9,02	97,55	2,6
ETMA 03-5	224,05	2688,58	9,22	110,69	1,38
Promedio	180,186	2447,806	7,497	101,83	1,787
Desviación estándar	41,96	236,101	1,689	7,3	0,608
Coefficiente de variación CV	23,29	9,65	22,54	7,17	34
PROBETAS ENSAYADAS					
					

Continuación Tabla 13.

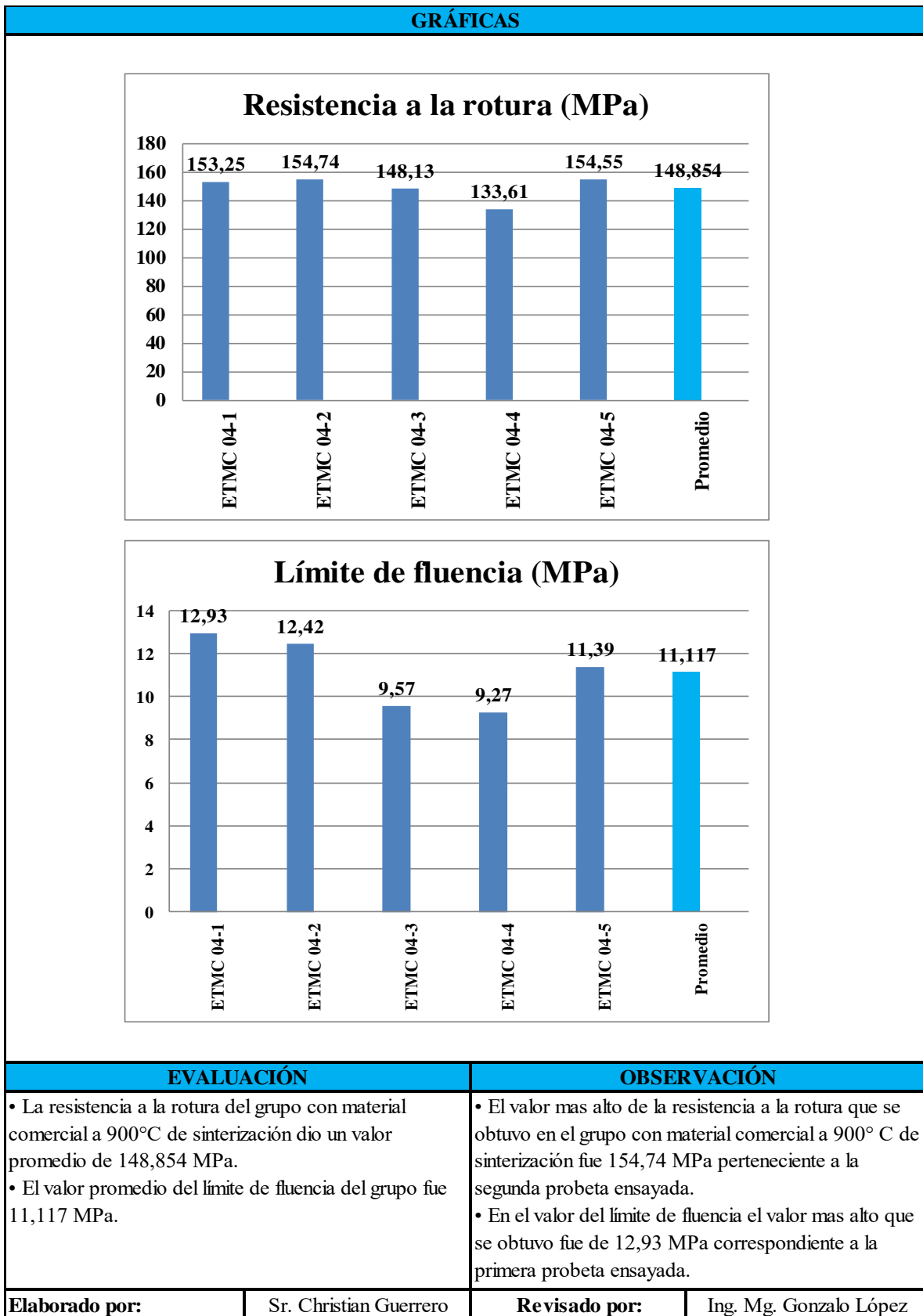
GRÁFICAS															
<p>Resistencia a la rotura (MPa)</p> <table border="1"> <tr><th>ETMA</th><td>03-1</td><td>03-2</td><td>03-3</td><td>03-4</td><td>03-5</td><td>Promedio</td></tr> <tr><th>Valor (MPa)</th><td>102,32</td><td>106,48</td><td>92,11</td><td>97,55</td><td>110,69</td><td>101,83</td></tr> </table>		ETMA	03-1	03-2	03-3	03-4	03-5	Promedio	Valor (MPa)	102,32	106,48	92,11	97,55	110,69	101,83
ETMA	03-1	03-2	03-3	03-4	03-5	Promedio									
Valor (MPa)	102,32	106,48	92,11	97,55	110,69	101,83									
<p>Límite de fluencia (MPa)</p> <table border="1"> <tr><th>ETMA</th><td>03-1</td><td>03-2</td><td>03-3</td><td>03-4</td><td>03-5</td><td>Promedio</td></tr> <tr><th>Valor (MPa)</th><td>5,16</td><td>6,68</td><td>7,4</td><td>9,02</td><td>9,22</td><td>7,497</td></tr> </table>		ETMA	03-1	03-2	03-3	03-4	03-5	Promedio	Valor (MPa)	5,16	6,68	7,4	9,02	9,22	7,497
ETMA	03-1	03-2	03-3	03-4	03-5	Promedio									
Valor (MPa)	5,16	6,68	7,4	9,02	9,22	7,497									
EVALUACIÓN	OBSERVACIÓN														
<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia a la rotura del grupo con material artesanal a 900°C de sinterización dio un valor promedio de 101,83 MPa. • El valor promedio del límite de fluencia del grupo fue 7,497 MPa. 	<ul style="list-style-type: none"> • El valor mas alto de la resistencia a la rotura que se obtuvo en el grupo con material artesanal a 900° C de sinterización fue 110,69 MPa perteneciente a la quinta probeta ensayada. • En el valor del límite de fluencia el valor mas alto que se obtuvo fue de 9,22 MPa correspondiente a la quinta probeta ensayada. 														
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López												

Fuente. [Autor]

Tabla 14. Recolección de datos del ensayo de tracción grupo 4.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina de ensayos universal Metrotest 50 KN			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material			Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C		
Presión de compactado	4650 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo		Prueba de tensión	Norma		ASTM E8/E8M-16a
RESULTADOS					
Grupo 4	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Límite de fluencia (Mpa)	Resistencia a la rotura (Mpa)	% Elongación
ETMC 04-1	299,78	3553,22	12,93	153,25	15,55
ETMC 04-2	312,4	3890,87	12,42	154,74	11,57
ETMC 04-3	231,94	3591,09	9,57	148,13	18,03
ETMC 04-4	238,25	3433,31	9,27	133,61	13,35
ETMC 04-5	284	3853	11,39	154,55	14,69
Promedio	273,274	3664,298	11,117	148,854	14,638
Desviación estándar	36,344	198,744	1,649	8,935	2,419
Coefficiente de variación CV	13,3	5,42	14,83	6	16,52
PROBETAS ENSAYADAS					
					

Continuación Tabla 14.



Fuente. [Autor]

3.1.3 Análisis e interpretación de los ensayos de impacto.

Luego de realizar el ensayo de impacto de los diferentes grupos bajo la ASTM E23 – 16b se procede analizar los resultados como se muestra desde la Tabla 15 hasta la Tabla 18.

Para la denominación de las probetas se utilizó de la siguiente manera: EIMA01-1, EIMC02-1, EIMA03-1 y EIMC04-1.

Dónde:

EIM: Ensayo de impacto mecánico.

A: Material artesanal.

C: Material comercial.

01: Número de grupo.

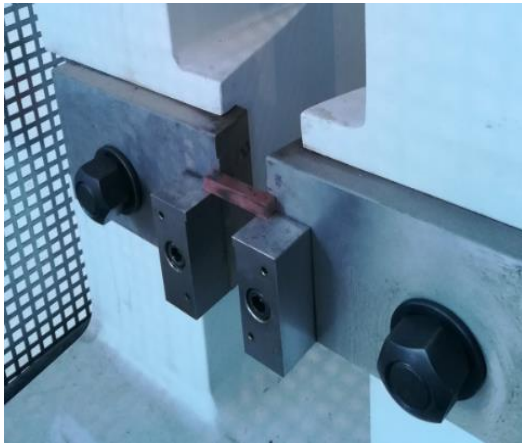
1: Número de la probeta.

Tabla 15. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 1.

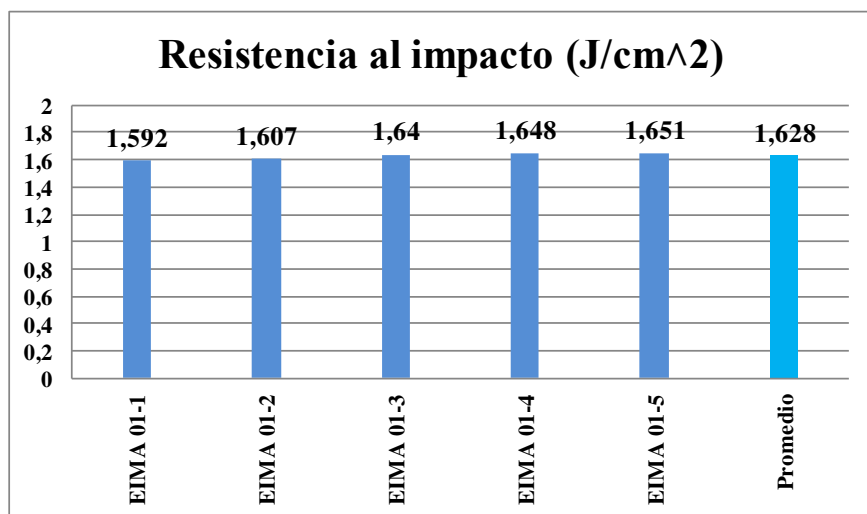
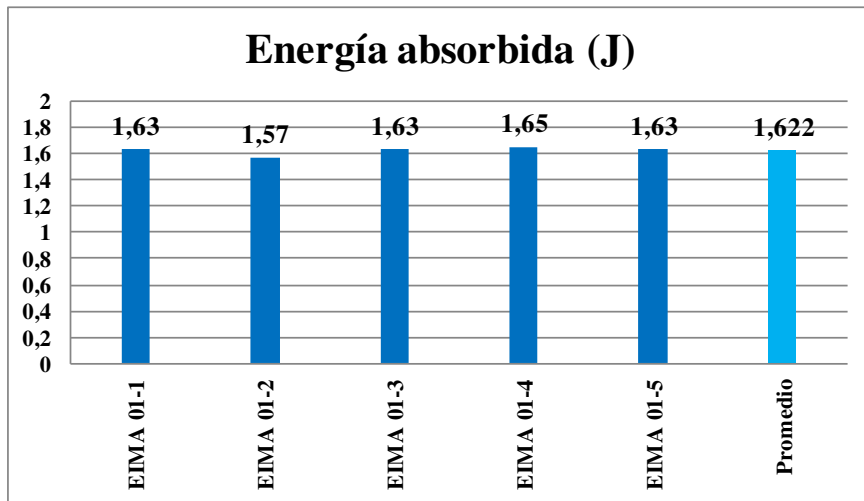
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero			
Máquina:		Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J			
Fecha:		11/11/2019	Ciudad:		Ambato
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL					
Tipo de material		Artesanal			
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%		
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%		
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	800°C		
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO					
Tipo de ensayo	Impacto	Norma	ASTM E23 -16b		
RESULTADOS					
Grupo 1	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Fractura de la probeta		
			Si	No	
EIMA 01-1	1,63	1,592	X		
EIMA 01-2	1,57	1,607	X		
EIMA 01-3	1,63	1,64	X		
EIMA 01-4	1,65	1,648	X		
EIMA 01-5	1,63	1,651	X		
Promedio	1,622	1,628			
Desviación estándar	0,03	0,027	-	-	
Coefficiente de variación CV	1,87	1,646	-	-	

Continuación Tabla 15.

PROBETAS ENSAYADAS



GRÁFICAS



Continuación Tabla 15.

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • La energía absorbida del grupo con material artesanal a 800°C de sinterización dio un valor promedio de 1,622 J. • El valor promedio de resistencia al impacto del grupo fue 1,628 J/cm². 		<ul style="list-style-type: none"> • Todas las probetas ensayadas se fracturaron al momento de realizar el ensayo. • El valor mas alto de la energía absorbida que se obtuvo en el grupo con material artesanal a 800° C de sinterización fue 1,65 J perteneciente a la cuarta probeta ensayada. • En el valor de resistencia al impacto el valor mas alto que se obtuvo fue de 1,651 J/cm² correspondiente a la quinta probeta ensayada. 	
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

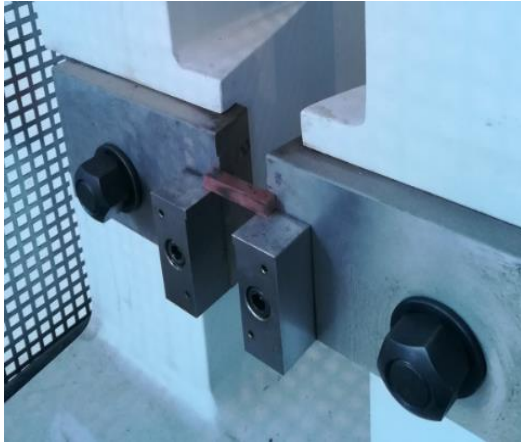
Fuente. [Autor]

Tabla 16. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 2.

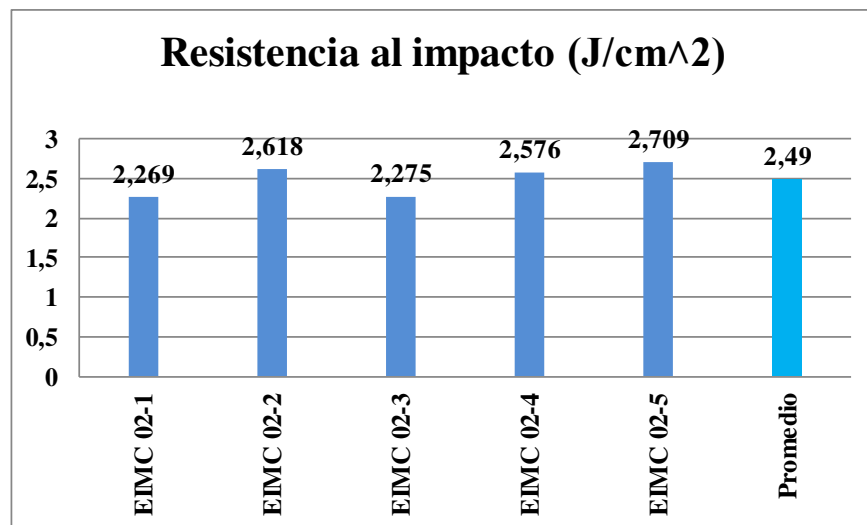
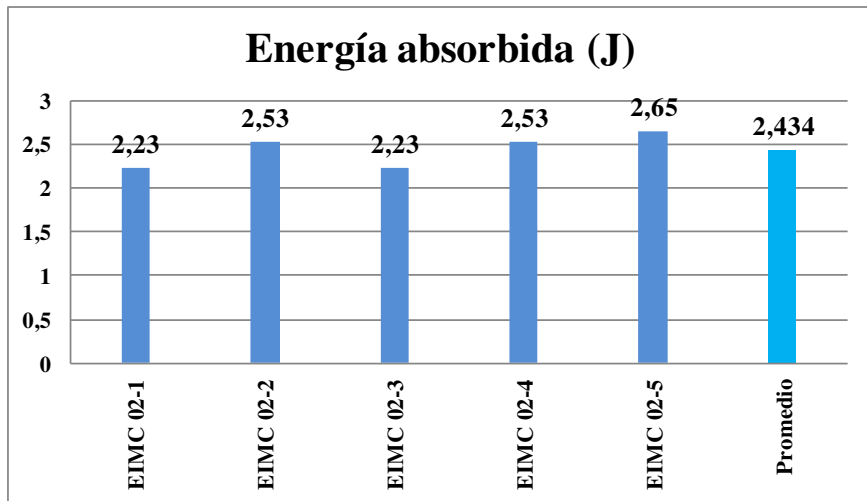
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J			
Fecha:	11/11/2019	Ciudad:	Ambato	
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL				
Tipo de material		Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%	
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%	
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	800°C	
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
Tipo de ensayo	Impacto	Norma	ASTM E23 -16b	
RESULTADOS				
Grupo 2	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Fractura de la probeta	
			Si	No
EIMC 02-1	2,23	2,269	X	
EIMC 02-2	2,53	2,618	X	
EIMC 02-3	2,23	2,275	X	
EIMC 02-4	2,53	2,576	X	
EIMC 02-5	2,65	2,709	X	
Promedio	2,434	2,49		
Desviación estándar	0,193	0,204	-	-
Coefficiente de variación CV	7,911	8,212	-	-

Continuación Tabla 16.

PROBETAS ENSAYADAS



GRÁFICAS



Continuación Tabla 16.

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • La energía absorbida del grupo con material comercial a 800°C de sinterización dio un valor promedio de 2,434 J. • El valor promedio de resistencia al impacto del grupo fue 2,49 J/cm². 		<ul style="list-style-type: none"> • Todas las probetas ensayadas se fracturaron al momento de realizar el ensayo. • El valor mas alto de la energía absorbida que se obtuvo en el grupo con material comercial a 800° C de sinterización fue 2,65 J perteneciente a la quinta probeta ensayada. • En el valor de resistencia al impacto el valor mas alto que se obtuvo fue de 2,709 J/cm² correspondiente a la quinta probeta ensayada. 	
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

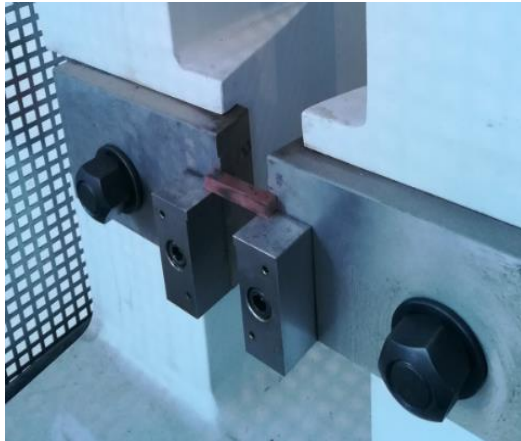
Fuente. [Autor]

Tabla 17. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 3.

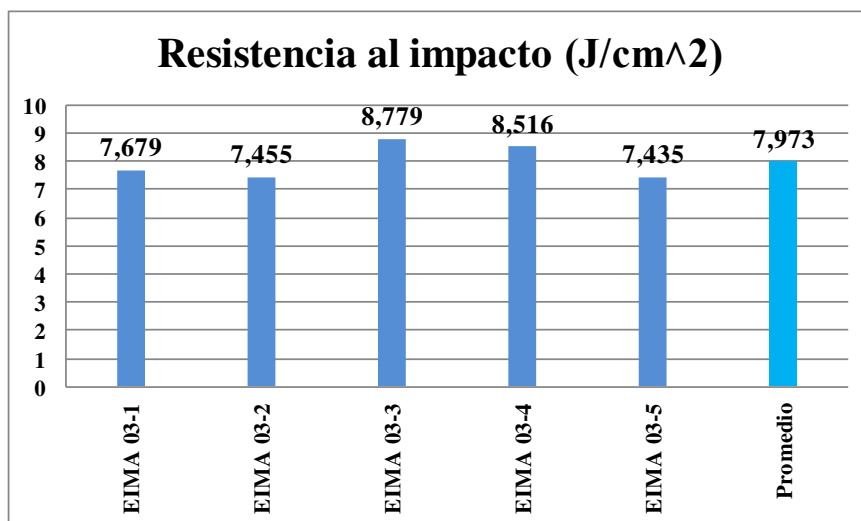
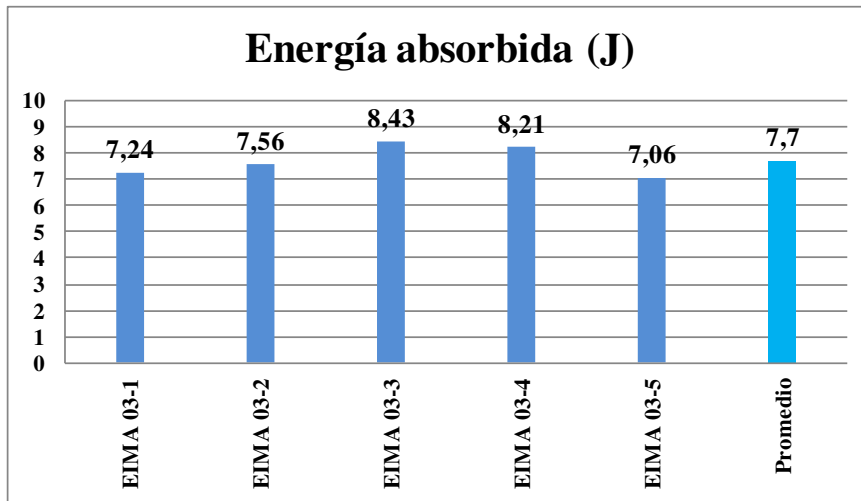
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J			
Fecha:	11/11/2019	Ciudad:	Ambato	
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL				
Tipo de material		Artesanal		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%	
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%	
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C	
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
Tipo de ensayo	Impacto	Norma	ASTM E23 -16b	
RESULTADOS				
Grupo 3	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Fractura de la probeta	
			Si	No
EIMA 03-1	7,24	7,679	X	
EIMA 03-2	7,56	7,455	X	
EIMA 03-3	8,43	8,779	X	
EIMA 03-4	8,21	8,516	X	
EIMA 03-5	7,06	7,435	X	
Promedio	7,7	7,973		
Desviación estándar	0,599	0,63	-	-
Coefficiente de variación CV	7,775	7,905	-	-

Continuación Tabla 17.

PROBETAS ENSAYADAS



GRÁFICAS





Continuación Tabla 17.

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • La energía absorbida del grupo con material artesanal a 900°C de sinterización dio un valor promedio de 7,7J. • El valor promedio de resistencia al impacto del grupo fue 7,973 J/cm². 		<ul style="list-style-type: none"> • Todas las probetas ensayadas se fracturaron al momento de realizar el ensayo. • El valor mas alto de la energía absorbida que se obtuvo en el grupo con material artesanal a 900° C de sinterización fue 8,43 J perteneciente a la tercera probeta ensayada. • En el valor de resistencia al impacto el valor mas alto que se obtuvo fue de 8,779 J/cm² correspondiente a la tercera probeta ensayada. 	
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

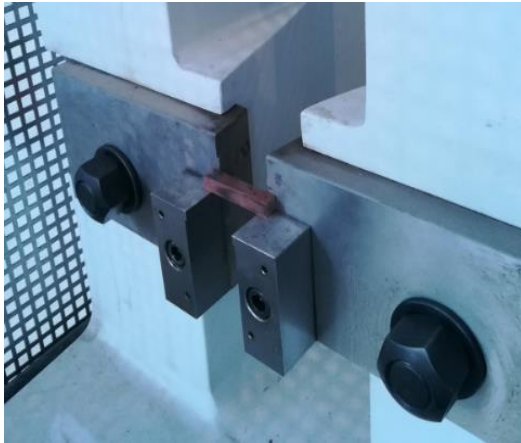
Fuente. [Autor]

Tabla 18. Recolección de datos del ensayo de impacto grupo 4.

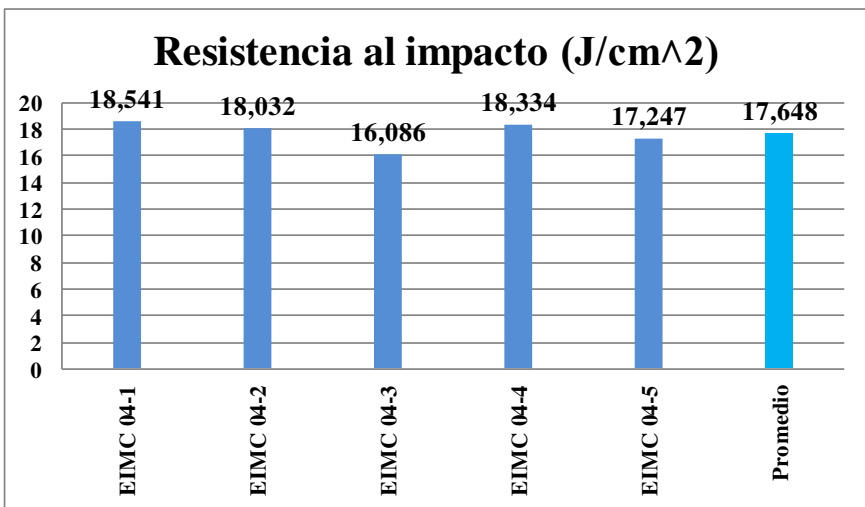
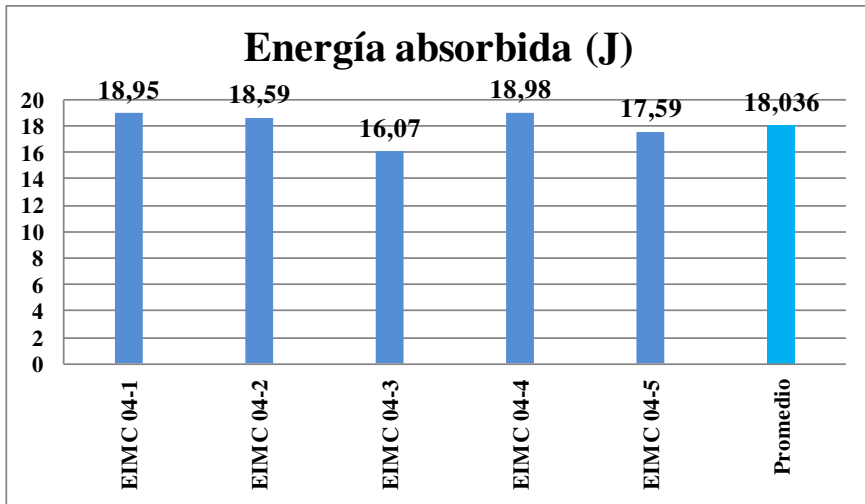
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:	Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J			
Fecha:	11/11/2019	Ciudad:	Ambato	
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL				
Tipo de material		Comercial		
Material 1 %	Cobre 88%	Material 3 %	Plomo 4%	
Material 2 %	Estaño 4%	Material 4 %	Zinc 4%	
Granulometría	Grano mixto	T Sinterizado	900°C	
Presión de compactado	5410 Psi	Tamaño de las partículas	45um - 63um	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
Tipo de ensayo	Impacto	Norma	ASTM E23 -16b	
RESULTADOS				
Grupo 4	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Fractura de la probeta	
			Si	No
EIMC 04-1	18,95	18,541	X	
EIMC 04-2	18,59	18,032	X	
EIMC 04-3	16,07	16,086	X	
EIMC 04-4	18,98	18,334	X	
EIMC 04-5	17,59	17,247	X	
Promedio	18,036	17,648		
Desviación estándar	1,235	1,002	-	-
Coefficiente de variación CV	6,846	5,677	-	-

Continuación Tabla 18.

PROBETAS ENSAYADAS



GRÁFICAS



Continuación Tabla 18.

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • La energía absorbida del grupo con material comercial a 900°C de sinterización dio un valor promedio de 18,036 J. • El valor promedio de resistencia al impacto del grupo fue 17,648 J/cm². 		<ul style="list-style-type: none"> • Todas las probetas ensayadas se fracturaron al momento de realizar el ensayo. • El valor mas alto de la energía absorbida que se obtuvo en el grupo con material comercial a 900° C de sinterización fue 18,98 J perteneciente a la cuarta probeta ensayada. • En el valor de resistencia al impacto el valor mas alto que se obtuvo fue de 18,541 J/cm² correspondiente a la primera probeta ensayada. 	
Elaborado por:	Sr. Christian Guerrero	Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

Fuente. [Autor]

3.2 Análisis de resultados.

Una vez realizado los ensayos de dureza, tracción e impacto de la aleación, se compara los resultados y se analiza para los diversos casos como es por el tipo de material y la temperatura de sinterización, esto se muestra en la Tabla 19.

Las probetas ensayadas fueron verificadas y aprobadas según sus respectivas normas de acuerdo al ensayo realizado.

Para la denominación de los grupos se utilizó de la siguiente manera: A1, A2, C1 y C2.

Dónde:



A1: Material artesanal a 800° de sinterizado.

A2: Material artesanal a 900° de sinterizado.

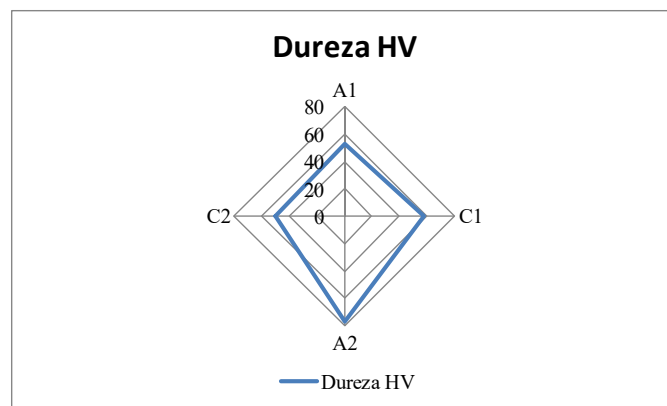
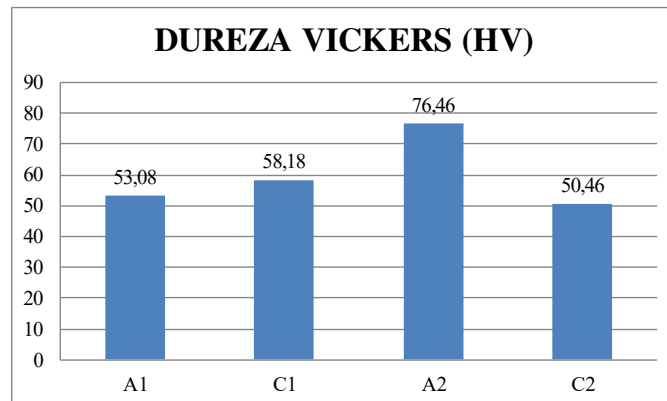
C1: Material comercial a 800° de sinterizado.

C2: Material comercial a 900° de sinterizado.

Tabla 19. Resultados de los diferentes ensayos en la aleación.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ALEACIÓN OBTENIDA (BRONCE FOSFORADO DE CORTE LIBRE C54400) MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGÍA DE LOS DIFERENTES GRUPOS.					
Tipo de ensayo:	Dureza Vickers (HV)	Tipo de ensayo:	Prueba de tensión		
Norma:	NTE INEN-ISO 6507-1	Norma:	ASTM E8/E8M-16a		
Tipo de ensayo:	Impacto	Ciudad:	Ambato		
Norma:	ASTM E23 -16b	Fecha:	11/11/2019		
Tipos de material:		Artesanal y Comercial			
RESULTADOS					
Grupos:	Dureza HV 0,5	Tracción		Impacto	
		Resistencia a la rotura (Mpa)	Límite de fluencia (Mpa)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)
A1	53,08	92,349	6,257	1,622	1,628
C1	58,18	142,63	6,088	2,434	2,49
A2	76,46	101,83	7,497	7,7	7,973
C2	50,46	148,854	11,117	18,036	17,648

GRÁFICAS

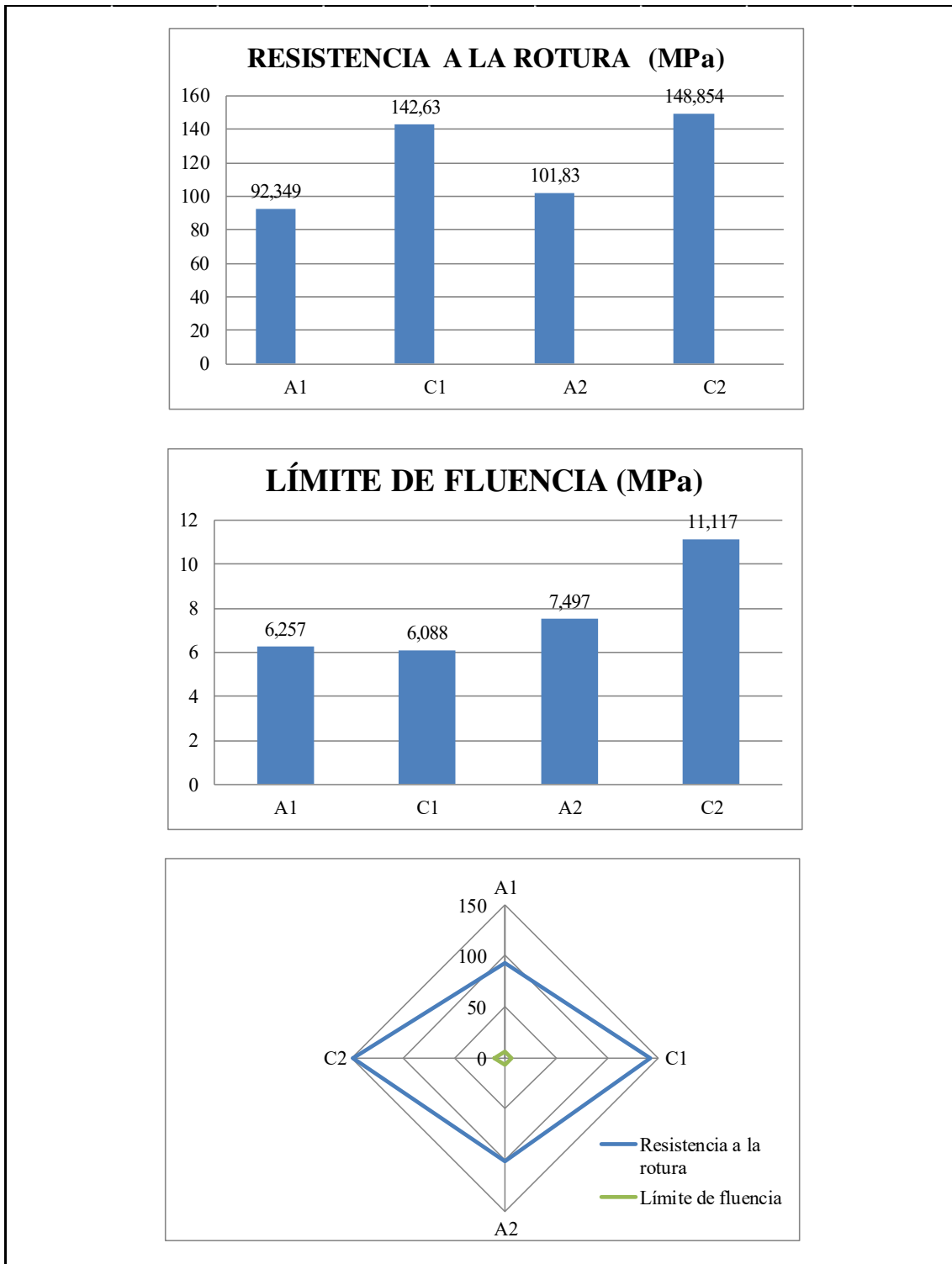


Fuente. [Autor]

Interpretación de la dureza Vickers.

Una vez comparada los resultados de los distintos grupos de la aleación se obtiene que: el tercer grupo correspondiente al material artesanal a 900°C de sinterizado es el que posee una dureza de 76,46 HV el cual es el valor más alto, y el cuarto grupo correspondiente al material comercial con 900°C de sinterizado es el que posee una dureza de 50,46 HV siendo la dureza de menor valor, los grupos A1 y C1 dieron como resultado valores cercanos al cuarto grupo de dureza.

Tabla 20. Gráficos del ensayo de tracción de los distintos grupos.



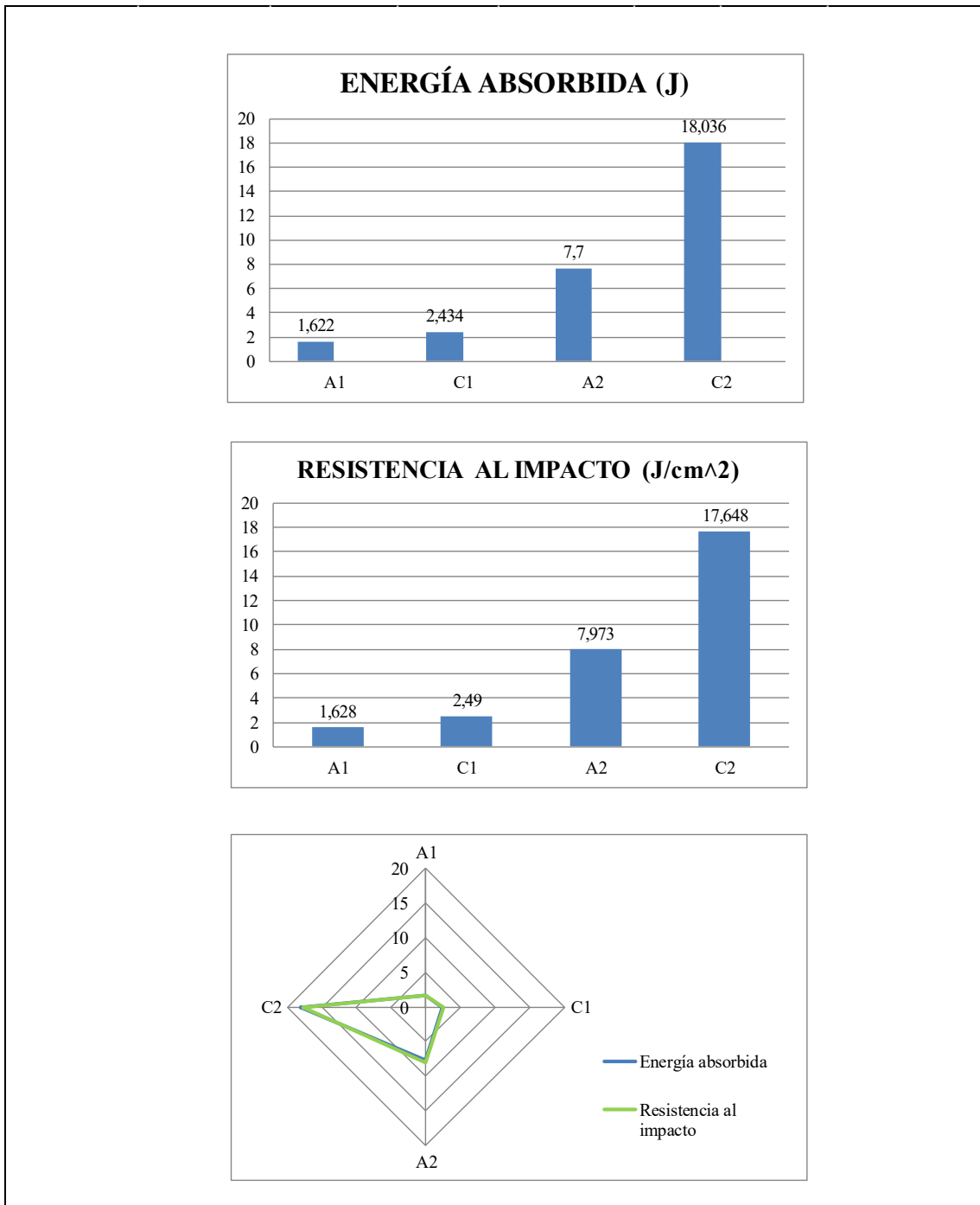
Fuente. [Autor]

Interpretación del ensayo de tracción.

Una vez comparada los resultados de los distintos grupos de la aleación se obtiene que: el cuarto grupo correspondiente al material comercial a 900°C de sinterizado es el que posee los valores más altos en la resistencia a la rotura y en el límite de fluencia teniendo

como resultado 148,854 MPa y 11,117 MPa respectivamente, y el primer grupo correspondiente al material artesanal con 800°C de sinterizado es el que posee menor valor en la resistencia a la rotura con 92,349 MPa, y el segundo grupo correspondiente al material comercial a 800°C de sinterizado es el de menor valor en el límite de fluencia con 6,088 MPa, estos valores se muestra en la Tabla 20.

Tabla 21. Gráficos del ensayo de impacto de los distintos grupos.



Fuente. [Autor]

Interpretación del ensayo de impacto.

Una vez comparada los resultados de los distintos grupos de la aleación se obtiene que: el cuarto grupo correspondiente al material comercial a 900°C de sinterizado es el que posee los valores más altos en la energía absorbida y resistencia al impacto teniendo como resultado 18,036 J y 17,648 J/cm² respectivamente, y el primer grupo correspondiente al material artesanal con 800°C de sinterizado es el que posee menor valor en la energía absorbida y resistencia al impacto teniendo como resultado 1,622 J y 1,628 J/cm² respectivamente, estos valores se muestra en la Tabla 21.

3.3 Verificación de hipótesis.

Luego de realizar los respectivos ensayos de dureza, tracción e impacto de los diferentes grupos se determinó las propiedades mecánicas de la aleación obtenida, para lo cual se procede a la verificación de la hipótesis con el siguiente procedimiento:

3.3.1 Formulación de la hipótesis.

H₀ (Hipótesis nula) = con el análisis del bronce fosforado de corte libre C54400 combinado por mezcla de polvos **NO PERMITIRÁ** determinar las propiedades mecánicas.

H₁ (Hipótesis alternativa) = con el análisis del bronce fosforado de corte libre C54400 combinado por mezcla de polvos **PERMITIRÁ** determinar las propiedades mecánicas.

3.3.2 Verificación estadística.

Para la verificación estadística se procede aplicando la prueba “t” Student, en la cual verificamos si la hipótesis planteada es aceptable o no.

3.3.3 Cálculo de la frecuencia teórica y observada.

Para este cálculo se procede con los dos grupos el que arrojó los resultados más altos y el que dio los valores más bajos en el ensayo de tracción con respecto a la resistencia a la rotura.

Tabla 22. Resistencia a la rotura (Sut).

	ENSAYO DE TRACCIÓN			
	Resistencia a la rotura (Mpa) cuarto grupo		Resistencia a la rotura (Mpa) primer grupo	
Probetas	Sut (1)	(Sut (1))^2	Sut (2)	(Sut (2))^2
1	153,25	23485,563	91,24	8324,738
2	154,74	23944,468	97,57	9519,905
3	148,13	21942,497	95,6	9139,360
4	133,61	17851,632	86,43	7470,145
5	154,55	23885,703	90,91	8264,628
Total	744,28	111109,862	461,750	42718,776
Prom.	148,856	22221,972	92,350	8543,755

Fuente. [Autor]

Calculo de las probabilidades.

El cálculo de la probabilidad se da mediante las siguientes formulas:

$$Probabilidad (P) = \frac{\alpha}{100}$$

Dónde:

α : Nivel de significancia 5 (0,05) para proyectos de investigación.

$$Probabilidad (P) = \frac{5}{100}$$

$$Probabilidad (P) = 0,05$$

Debido a que son dos grupos la probabilidad se la divide para 2.

$$Probabilidad (P) = \frac{0,05}{2}$$

$$Probabilidad (P) = 0,025$$

Cálculo de los grados de libertad.

$$gl = (Na + Nb) - 2$$

$$gl = (5 + 5) - 2$$

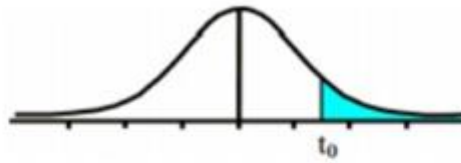
$$gl = 8$$

Con los valores de la probabilidad y de los grados de libertad se procede a la obtención del “t” de Student de la Tabla 22.

Tabla 23. Valores de “t” según los grados de libertad y probabilidad.

H. TABLA T DE STUDENT

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545

Fuente. [14]

El resultado es analizado para las dos colas por lo que se tiene:

$$"t"_{tab} = \pm 2,3060$$

Cálculo de varianza de la muestra

$$scxa = \sum Ra^2 - \frac{\sum(Ra)^2}{n} \quad scxb = \sum Rb^2 - \frac{\sum(Rb)^2}{n}$$

$$scxa = 111109,862 - \frac{(744,28)^2}{5} = 319,318 \quad scxb = 42718,776 - \frac{(461,250)^2}{5} = 168,463$$

Varianza combinada

$$Sc^2 = \frac{scxa + scxb}{(na - 1) + (nb - 1)}$$

$$Sc^2 = \frac{319,318 + 168,463}{(5 - 1) + (5 - 1)} = 60,973$$

Desviación estándar de las diferencias

$$\overline{sd} = \sqrt{Sc^2 \left(\frac{na+nb}{na*nb} \right)}$$

$$\overline{sd} = \sqrt{60,973 \left(\frac{5+5}{5*5} \right)} = 4,938$$

Valor de t

$$t = \frac{\bar{Xa} - \bar{Xb}}{sd}$$

$$t = \frac{744,28 - 461,75}{4,938} = +57,2155$$

Debido a que el valor calculado esta fuera del rango de la “t” calculada en la tabla ± 2.3060 , se rechaza la hipótesis nula H0, por lo cual se acepta la hipótesis alterna H1, con lo cual el análisis del bronce fosforado de corte libre C54400 combinado por mezcla de polvos PERMITIRÁ determinar las propiedades mecánicas.

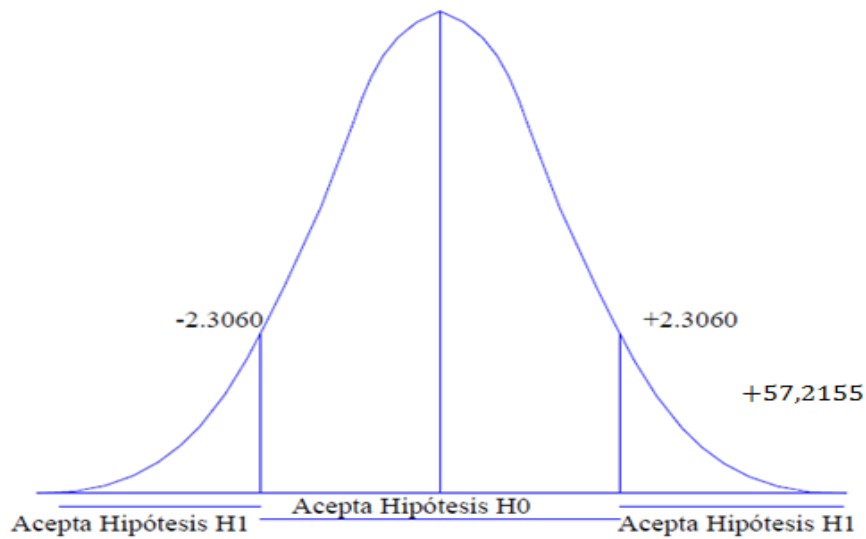


Figura 23. Campana de Gauss
Fuente. [Autor]

En la campana de Gauss se observa que el valor calculado 57,2155 está fuera del rango del valor adquirido de la tabla ± 2.3060 , por lo cual se valida la hipótesis alterna H1.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Una vez realizado el análisis de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de dureza, tracción e impacto de las probetas realizadas mediante el proceso de pulvimetalurgia de la aleación 88% cobre, 4% plomo, 4% estaño y 4% zinc se obtuvo las siguientes conclusiones.

- Al obtener los materiales a alear se procedió a la reducción de tamaño mediante mecanizado, con el molino de bolas attritor se redujo el tamaño de las partículas y utilizando tamices se adquirió el tamaño de grano adecuado de los materiales según lo recomendado para el proceso de pulvimetalurgia el cual se encuentra entre el rango de 10 a 400 μm , este proceso se lo realizo para los materiales artesanales.
- Al realizar la mezcla de los materiales durante un tiempo de 20 minutos con sus respectivas fracciones volumétricas se obtuvo una mezcla homogénea, utilizando una presión de 250 MPa a un tiempo de 5 minutos se compacto dichas probetas las que fueron sinterizadas en dos grupos diferentes a 800°C y 900 °C de temperatura.
- En el ensayo de dureza Vickers realizado el mejor grupo fue el material artesanal con una temperatura de sinterizado de 900°C el cual dio como promedio un valor de dureza de 76,46 HV y el grupo con el valor más bajo de dureza fue el cuarto grupo correspondiente al material comercial con una temperatura de sinterizado de 900°C el cual dio como valor promedio una dureza de 50,46 HV.
- En el ensayo de tracción realizado a los diferentes grupos de probetas, se obtuvo que el cuarto grupo correspondiente al material comercial con una temperatura de sinterizado de 900°C, fue el grupo con mayor resistencia a la rotura y mayor límite de fluencia dando un valor promedio de 148,854 MPa y 11,117 MPa respectivamente, el grupo con menor resistencia a la rotura fue el primer grupo correspondiente al material artesanal a 800°C de sinterizado el cual dio un valor promedio de 92,349 MPa, y el segundo grupo de material comercial a 800°C de sinterizado fue el que dio el valor más bajo en el límite de fluencia con 6,088 MPa.
- El cuarto grupo correspondiente al material comercial con temperatura de sinterizado de 900°C fue el mejor grupo en el ensayo de impacto el cual dio un valor promedio de 17,648 J/cm² de resistencia al impacto y 18,036 J de energía absorbida, y el primer grupo correspondiente al material artesanal con una temperatura de

sinterizado de 800°C fue el que menor valor dio en el ensayo dando un valor promedio de 1,628 J/cm² de resistencia al impacto y 1,622 J de energía absorbida.

- Se concluye en que a la temperatura de 900°C de sinterizado las propiedades mecánicas correspondientes a dichos ensayos dureza, tracción e impacto incrementan de manera favorable.
- Mediante el “t” Student con un nivel de significancia de 0,05 con 2 colas en la probabilidad y calculando 8 grados de libertad, se calculó un valor de 57,2155 el cual es mayor que el valor adquirido de la tabla 22, aceptando la hipótesis alterna.

4.2 Recomendaciones

- Limpiar adecuadamente el interior del molino de bolas attritor cada vez q se vaya a ocupar para los distintos materiales, para evitar contaminación en el material a moler y para el molino de bolas planetario de la misma manera, limpiar adecuadamente los cilindros para proceder con la mezcla y evitar contaminación de la aleación.
- Para mejorar el proceso de molienda de las limallas, evitar colocar virutas demasiado grandes para que no se paralice el molino attritor.
- Verificar que los tamices a utilizar estén limpios de cualquier impureza al momento de colocar los polvos metálicos.
- Colocar una fina capa de cera desmoldante en los bordes de los moldes de las probetas para evitar que se fracturen o se deformen al rato de desmoldar.
- Elevar la temperatura del horno un 20% más de la temperatura a utilizar debido a que al momento de abrir la puerta del horno para introducir las probetas se reduce la temperatura por lo que está expuesto a la temperatura ambiente.
- Al momento de sinterizar colocar cemento refractario para evitar torceduras de las probetas, y dejar enfriar el horno al ambiente con las probetas adentro para evitar cambios bruscos de temperatura en las mismas.
- Limpiar adecuadamente las probetas luego del proceso de sinterizado y verificar que cumplan con las medidas correspondientes a los parámetros para los respectivos ensayos a realizar.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] A. NARVÁEZ, “Desarrollo de tecnología para la elaboración de bronce fosfórico UNS C93700 para aplicaciones en construcción de partes y elementos de máquina de forma artesanal”, Departamento de ciencias de la energía y mecánica, ESPE, Sangolquí 2013.
- [2] N. Krivij, X. Suárez, J. Villalonga, A. Cores. (2000, Noviembre). “Obtención y caracterización del polvo de bronce Cu₈₈Sn_{6,5}Zn₄Pb_{1,5} para aplicaciones en cojinetes”. *Revista de metalurgia*. [Online]. 36 (6), pp. 452-458. Available: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/595/605> [Junio 14, 2019]
- [3] N. Krivij, W. Suwardjo, L. García, A. Cores, A. Formoso. (1996, Junio). “Tecnología de fabricación de filtros metálicos de bronce”. *Revista de metalurgia*. [Online]. 33(4), pp. 229-238. Available: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/850/863> [Junio 14, 2019]
- [4] B. Schulz. “Pulvimetalurgia” *Introducción a la metalurgia*, Tercera ed. Santiago de Chile: 2003, pp. 277-288.
- [5] Departamento de Ingeniería Mecánica, Modulo 1: Fundición y Sinterizado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao.
- [6] Pulvimetalurgia. (2016, Febrero 18). EcuRed, Consultado el 16:41, junio 14, 2019 Available: <https://www.ecured.cu/index.php?title=Pulvimetalurgia&oldid=2614749>.
- [7] “Materiales cerámicos y compuestos”, Instituto Marianao. Internet: <https://materialesceramicosblog.wordpress.com/2017/05/15/ceramicas-tecnicas/>, Mayo 15, 2017 [Junio 26, 2019]
- [8] C. Marín. (). “Pulvimetalurgia en busca de nuevos materiales.” *Metal actual*. [Online]. pp. 4-9. Available: <http://kimerius.com/app/download/5781436331/Pulvimetalurgia.+En+busca+de+nuevos+materiales.pdf> [Junio 18, 2019].

- [9] “Métodos de ensayo mecánicos”, *Mecánica y diseño mecánico*. Gunt Hamburg. Available: https://www.gunt.de/images/download/Mtodos-de-ensayo-mecnicos-conocimientos-bsicos_spanish.pdf [Junio 19, 2019]
- [10] A. Balvatin. “Ciencia de materiales para ingeniería mecánica”, División de ingenierías campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. México 2016.
- [11] V. Kirnosov. “Medición de fuerza y dureza”, Ed. Pueblo y Educación. La Habana 1985.
- [12] W. Callister. “Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales”. Ed. Reverté S.A. Barcelona 1995.
- [13] L. Acurio. “Proceso para la obtención del bronce fosfórico en el taller de fundición de la facultad de mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y sus aplicaciones en la industria”, Escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH. Riobamba 2014.
- [14] J. Devore. “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias”. EDITEC S.A. México D.F. 2008.

ANEXOS

ANEXO 1: Informe técnico del ensayo de dureza.

ANEXO 2: Informe técnico del ensayo de tracción.

ANEXO 3: Informe técnico del ensayo de impacto.

ANEXO 4: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de dureza según la norma NTE INEN ISO 6507-1

ANEXO 5: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de tracción según la norma ASTM E8/ E8M-16a

ANEXO 6: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de impacto según la norma ASTM E23-16b

ANEXO 1: Informe técnico del ensayo de dureza



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180477137420190930-EDV	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Christian Javier Guerrero Paredes.	
Dirección: Calle González Suárez, Huambaló, Pelileo.	
Núm. de cédula / RUC: 1804771374	Teléfono: 0989506135.
E-mail: christianguerrero93@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material Metálico: Bronce Sinterizado.
Método de ensayo: NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Temperatura de Sinterizado	Polvo	Composición del material	Probetas a Ensayar
1	180477137420190930-EDV 01	800 °C	Artesanal	Cobre 88% Plomo 4% Estaño 4% Zinc 4%	1
2	180477137420190930-EDV 02	800 °C	Comercial		1
3	180477137420190930-EDV 03	900 °C	Artesanal		1
4	180477137420190930-EDV 04	900 °C	Comercial		1
Total					4

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



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180477137420190930-EDV 01	Cumple con criterios dimensionales	2019/09/26
2	180477137420190930-EDV 02	Cumple con criterios dimensionales	2019/09/26
3	180477137420190930-EDV 03	Cumple con criterios dimensionales	2019/09/26
4	180477137420190930-EDV 04	Cumple con criterios dimensionales	2019/09/26

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 Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA VICKERS

INFORME DE RESULTADOS N°: 180477137420190930-EDV

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_026.
Empresa / Cliente: Christian Javier Guerrero Paredes.
RUC/C.I.: 1804771374 **Ciudad:** Pelileo.
Dirección: Calle González Suárez, Huambaló.
E-mail: christianguerrero93@gmail.com. **Teléfono:** 0989506135.
DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo.
Equipo utilizado: Micro-durómetro FUTURE TECH. **Modelo:** FM 800. **Serie:** FMX 8340.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Tiempo de aplicación de la fuerza: 15 s. **Fuerza aplicada:** 4,903 N.
Última verificación de máquina: 2019/09/24.
Patrón utilizado: FT13159609 **Valor:** 699,3 HV1
Verificación de la máquina por medio de patrón: 699,2 HV1
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/09/27. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/09/30.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de **Material Metálico: Bronce Sinterizado**. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Temperatura de Sinterizado	Polvo	Composición del material	Probetas a Ensayar
1	180477137420190930-EDV 01	800 °C	Artesanal	Cobre 88% Plomo 4% Estaño 4% Zinc 4%	1
2	180477137420190930-EDV 02	800 °C	Comercial		1
3	180477137420190930-EDV 03	900 °C	Artesanal		1
4	180477137420190930-EDV 04	900 °C	Comercial		1
				Total	4

Observaciones: Ninguna

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

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 17 de octubre de 2019.
N°. Factura: 001-002-000008066.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Medición	Dureza VICKERS (HV0,5)		
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza
1	180477137420190930-EDV 01	23,7	53,6	Medición 1	133,49	132,14	52,6
				Medición 2	132,03	131,80	53,3
				Medición 3	131,85	132,19	53,2
				Medición 4	130,89	132,15	53,6
				Medición 5	132,94	132,95	52,7
					Promedio \bar{x}		53,08
					Desviación estándar S_{n-1}		0,42
					Coefficiente de variación CV		0,79

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Medición	Dureza VICKERS (HV0,5)		
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza
2	180477137420190930-EDV 02	22,3	48,9	Medición 1	124,01	125,81	59,4
				Medición 2	127,26	128,91	56,5
				Medición 3	127,09	127,61	57,2
				Medición 4	125,85	125,88	58,5
				Medición 5	124,30	125,83	59,3
					Promedio \bar{x}		58,18
					Desviación estándar S_{n-1}		1,29
					Coefficiente de variación CV		2,21

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Página 2 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Medición	Dureza VICKERS (HV0,5)		
					Diagonal 1(μm)	Diagonal 2 (μm)	Dureza
3	180477137420190930-EDV 03	22,2	48,4	Medición 1	110,67	110,48	75,8
				Medición 2	109,76	109,11	77,4
				Medición 3	111,06	110,90	75,3
				Medición 4	109,16	108,81	78,0
				Medición 5	110,08	111,19	75,8
					Promedio \bar{x}	76,46	
					Desviación estándar S_{n-1}	1,17	
					Coefficiente de variación CV	1,53	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Medición	Dureza VICKERS (HV0,5)		
					Diagonal 1(μm)	Diagonal 2 (μm)	Dureza
4	180477137420190930-EDV 04	21,5	58,8	Medición 1	133,57	133,83	51,9
				Medición 2	135,08	135,01	50,8
				Medición 3	135,32	136,88	50,1
				Medición 4	136,28	137,40	49,5
				Medición 5	136,45	135,79	50,0
					Promedio \bar{x}	50,46	
					Desviación estándar S_{n-1}	0,93	
					Coefficiente de variación CV	1,84	

Observaciones del ensayo: Ninguna

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Página 3 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180477137420190930-EDV
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Christian Javier Guerrero Paredes.
Dirección: Calle González Suárez, Huambaló, Pelileo.
Núm. de cédula / RUC: 1804771374
E-mail: cristianguerrero93@gmail.com.
Teléfono: 0989506135.

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material:
Material Metálico: Bronce Sinterizado.
Método de ensayo:
NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180477137420190930-EDV 01	2019/09/26	2019/10/17	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180477137420190930-EDV 02	2019/09/26	2019/10/17	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1


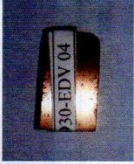
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS




Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	180477137420190930-EDV 03	2019/09/26	2019/10/17	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180477137420190930-EDV 04	2019/09/26	2019/10/17	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras del grupo por acuerdo, son entregadas al cliente, El CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tíban R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

ANEXO 2: Informe técnico del ensayo de tracción



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

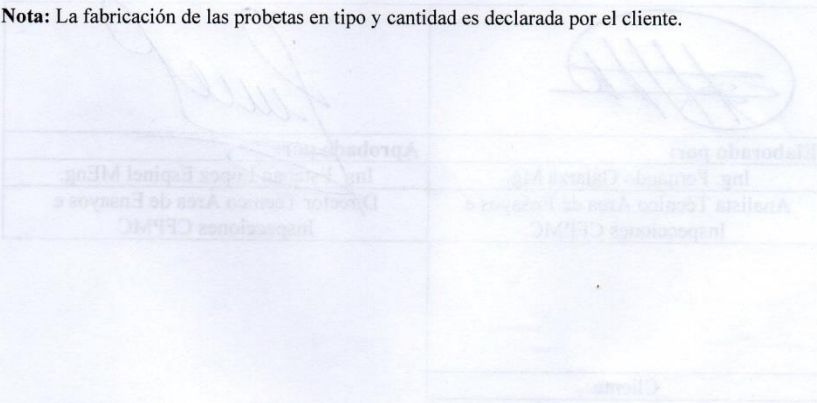
Informe N°: 180477137420190918-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Guerrero Paredes.	
Dirección: Huambaló, Calle Gonzales Suárez.	
Núm. de cédula / RUC: 18047713374	Teléfono: 0989506135
E-mail: christianguerrero93@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Bronce Sinterizado.
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	Característica	Probetas a Ensayar
1	180477137420190918-ETM 01	Artesanal. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
2	180477137420190918-ETM 02	Comercial. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
3	180477137420190918-ETM 03	Artesanal. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
4	180477137420190918-ETM 04	Comercial. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
Total			20

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



Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 02-02-2018
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE
MUESTRAS

Página 1 de 2

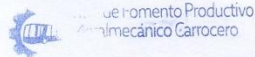


ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180477137420190918-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
2	180477137420190918-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
3	180477137420190918-ETM 01-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
4	180477137420190918-ETM 01-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
5	180477137420190918-ETM 01-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
6	180477137420190918-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
7	180477137420190918-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
8	180477137420190918-ETM 02-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
9	180477137420190918-ETM 02-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
10	180477137420190918-ETM 02-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
11	180477137420190918-ETM 03-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
12	180477137420190918-ETM 03-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
13	180477137420190918-ETM 03-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
14	180477137420190918-ETM 03-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
15	180477137420190918-ETM 03-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
16	180477137420190918-ETM 04-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
17	180477137420190918-ETM 04-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
18	180477137420190918-ETM 04-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
19	180477137420190918-ETM 04-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18
20	180477137420190918-ETM 04-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/18

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

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

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Cliente</p> </div>	





Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Ceroero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180477137420190918-ETM

DATOS DEL CLIENTE

Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Guerrero Paredes.

Dirección: Huambaló, Calle Gonzales Suárez..

Núm. de cédula / RUC: 18047713374

E-mail: cristianguerrero93@gmail.com

Teléfono: 0989506135

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:
Bronce Sinterizado.

Método de ensayo:

ASTM E8/E8M-16a: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180477137420190918-ETM 01-1	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180477137420190918-ETM 01-2	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180477137420190918-ETM 01-3	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180477137420190918-ETM 01-4	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180477137420190918-ETM 01-5	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180477137420190918-ETM 02-1	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180477137420190918-ETM 02-2	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180477137420190918-ETM 02-3	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180477137420190918-ETM 02-4	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180477137420190918-ETM 02-5	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180477137420190918-ETM 03-1	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180477137420190918-ETM 03-2	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180477137420190918-ETM 03-3	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180477137420190918-ETM 03-4	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180477137420190918-ETM 03-5	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180477137420190918-ETM 04-1	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
17	180477137420190918-ETM 04-2	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180477137420190918-ETM 04-3	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180477137420190918-ETM 04-4	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180477137420190918-ETM 04-5	2019/09/18	2019/09/30	Cliente	Se entrega al cliente	

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 3





Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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

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



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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180477137420190918-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_059
Empresa / Clientes: Sr. Christian Javier Guerrero Paredes.
RUC/C.I.: 18047713374 **Ciudad:** Pelileo.
Dirección: Huambaló, Calle Gonzales Suárez.
Teléfono: 0989506135 **Correo:** christianguerrero93@gmail.com
DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglatá. 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: Plana **Longitud calibrada:** 25,4 mm
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotest 50 KN.
Modelo: MTE 50. **Serie:** 8210M002
Velocidad de ensayo: 5 mm/min. **Precarga:** 50 N
Designación del material: Bronce sinterizado.
Fecha de Inicio de Ensayo: 20/09/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 23/09/2019
 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	Característica	Probetas a Ensayar
1	180477137420190918-ETM 01	Artesanal. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
2	180477137420190918-ETM 02	Comercial. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
3	180477137420190918-ETM 03	Artesanal. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
4	180477137420190918-ETM 04	Comercial. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	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. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 30 de septiembre de 2019

N°. Factura: 001-002-000007972



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
1	180477137420190918-ETM 01-1	22,6	53,5	5,96	4,01	25,4	25,88	2180,53	184,60	2180,53	91,24	7,72	91,24	1,89
2	180477137420190918-ETM 01-2	22,6	53,5	5,99	4,02	25,4	25,67	2349,35	143,58	2349,35	97,57	5,96	97,57	1,06
3	180477137420190918-ETM 01-3	22,6	53,5	5,98	4,01	25,4	26,15	2292,55	143,58	2292,55	95,60	5,99	95,60	2,95
4	180477137420190918-ETM 01-4	22,6	53,5	5,99	4,02	25,4	25,94	2081,13	132,53	2081,13	86,43	5,50	86,43	2,13
5	180477137420190918-ETM 01-5	22,6	53,5	5,99	4,01	25,4	25,44	2183,68	146,74	2183,68	90,91	6,11	90,91	1,73
Promedio \bar{X}								2217,448	150,206	2217,448	92,349	6,257	92,349	1,953
Desviación estándar S_{n-1}								105,029	19,970	105,029	4,364	0,852	4,364	0,685
Coeficiente de variación CV								4,74	13,30	4,74	4,73	13,61	4,73	35,05

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
6	180477137420190918-ETM 02-1	23,4	54,5	5,89	4,02	25,4	25,58	2925,25	132,53	2887,39	123,54	5,60	121,95	4,65
7	180477137420190918-ETM 02-2	23,4	54,5	5,57	3,80	25,4	27,18	3180,86	145,16	3172,97	150,28	6,86	149,91	7,01
8	180477137420190918-ETM 02-3	23,4	54,5	5,68	3,70	25,4	25,85	3215,57	162,51	3161,92	153,01	7,73	150,45	1,77
9	180477137420190918-ETM 02-4	23,4	54,5	5,81	3,70	25,4	26,42	3111,43	112,02	3054,63	144,74	5,21	142,10	4,02
10	180477137420190918-ETM 02-5	23,4	54,5	5,81	3,77	25,4	26,03	3322,86	110,45	3258,17	151,70	5,04	148,75	2,48
Promedio \bar{X}								3151,194	132,534	3107,016	144,654	6,088	142,630	3,984
Desviación estándar S_{n-1}								147,585	22,173	142,471	12,214	1,162	12,039	2,046
Coeficiente de variación CV								4,68	16,73	4,59	8,44	19,09	8,44	51,34



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
11	180477137420190918-ETM 03-1	24,5	53,2	5,81	4,05	25,4	25,66	2414,04	121,49	2407,73	102,59	5,16	102,32	1,02
12	180477137420190918-ETM 03-2	24,5	53,2	5,77	4,34	25,4	25,89	2666,49	167,25	2666,49	106,48	6,68	106,48	1,93
13	180477137420190918-ETM 03-3	24,5	53,2	5,77	3,99	25,4	25,91	2141,08	170,40	2120,57	93,00	7,40	92,11	2,01
14	180477137420190918-ETM 03-4	24,5	53,2	5,89	4,10	25,4	26,06	2357,27	217,74	2355,66	97,61	9,02	97,55	2,60
15	180477137420190918-ETM 03-5	24,5	53,2	5,91	4,11	25,4	25,75	2691,74	224,05	2688,58	110,82	9,22	110,69	1,38
							Promedio \bar{X}	2454,124	180,186	2447,806	102,101	7,497	101,830	1,787
							Desviación estándar S_{n-1}	229,426	41,960	236,101	7,042	1,689	7,300	0,608
							Coefficiente de variación CV	9,35	23,29	9,65	6,90	22,54	7,17	34,00

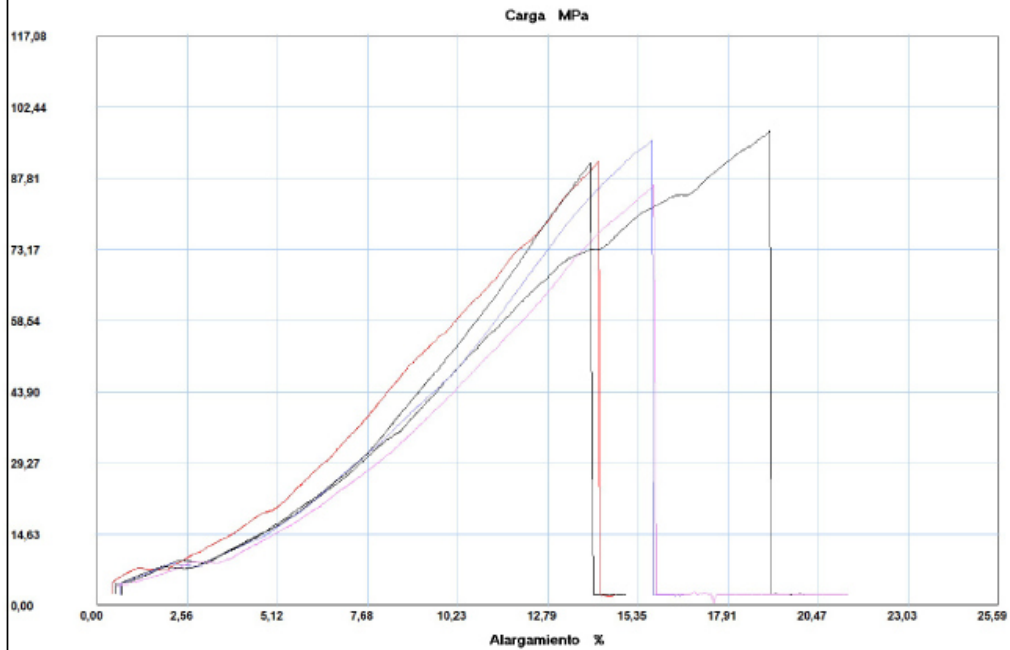
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
16	180477137420190918-ETM 04-1	24,3	56,5	5,93	3,91	25,4	29,35	3580,04	299,78	3553,22	154,40	12,93	153,25	15,55
17	180477137420190918-ETM 04-2	24,3	56,5	6,03	4,17	25,4	28,34	3944,52	312,40	3890,87	156,87	12,42	154,74	11,57
18	180477137420190918-ETM 04-3	24,3	56,5	5,87	4,13	25,4	29,98	3627,38	231,94	3591,09	149,63	9,57	148,13	18,03
19	180477137420190918-ETM 04-4	24,3	56,5	5,99	4,29	25,4	28,79	3475,91	238,25	3433,31	135,26	9,27	133,61	13,35
20	180477137420190918-ETM 04-5	24,3	56,5	5,95	4,19	25,4	29,13	3906,65	284,00	3853,00	156,70	11,39	154,55	14,69
							Promedio \bar{X}	3706,900	273,274	3664,298	150,573	11,117	148,854	14,638
							Desviación estándar S_{n-1}	207,447	36,344	198,744	9,043	1,649	8,935	2,419
							Coefficiente de variación CV	5,60	13,30	5,42	6,01	14,83	6,00	16,52

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 20/09/2019
 Hora : 10:44:57
 Temperatura : 22,6
 H.R.% : 53,5
 Pedido : 180477137420190918



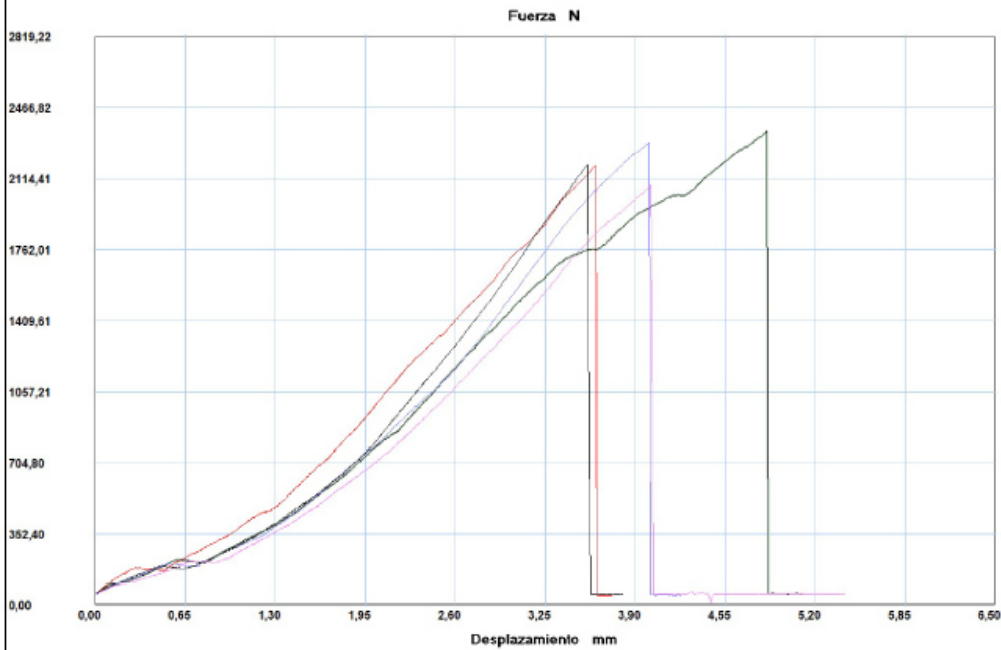
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
■ 1	2180,53	184,60	2180,53	91,24	7,72	91,24
■ 2	2349,35	143,58	2349,35	97,57	5,96	97,57
■ 3	2292,55	143,58	2292,55	95,60	5,99	95,60
■ 4	2081,13	132,53	2081,13	86,43	5,50	86,43
■ 5	2183,68	146,74	2183,68	90,91	6,11	90,91
Media	2217,448	150,206	2217,448	92,349	6,257	92,349
Desv. Std	105,029	19,970	105,029	4,364	0,852	4,364
Coef. V.	0,047	0,133	0,047	0,047	0,136	0,047
+3 Sigma	2532,535	210,116	2532,535	105,441	8,812	105,441

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 20/09/2019
 Hora : 10:44:57
 Temperatura : 22,6
 H.R.% : 53,5
 Pedido : 180477137420190918



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	2180,53	184,60	2180,53	91,24	7,72	91,24
2	2349,35	143,58	2349,35	97,57	5,96	97,57
3	2292,55	143,58	2292,55	95,60	5,99	95,60
4	2081,13	132,53	2081,13	86,43	5,50	86,43
5	2183,68	146,74	2183,68	90,91	6,11	90,91
Media	2217,448	150,206	2217,448	92,349	6,257	92,349
Desv. Std	105,029	19,970	105,029	4,364	0,852	4,364
Coef. V.	0,047	0,133	0,047	0,047	0,136	0,047
+3 Sigma	2532,535	210,116	2532,535	105,441	8,812	105,441

Parametros

Precarga = 50,00 N
 Caída % = 100,00
 Retorno Automatico = 0,00
 Limite Fuerza = 45000,00 N
 Limite Desplazamiento = 300,00 mm
 Stop Ext = 100,00 mm

Velocidades

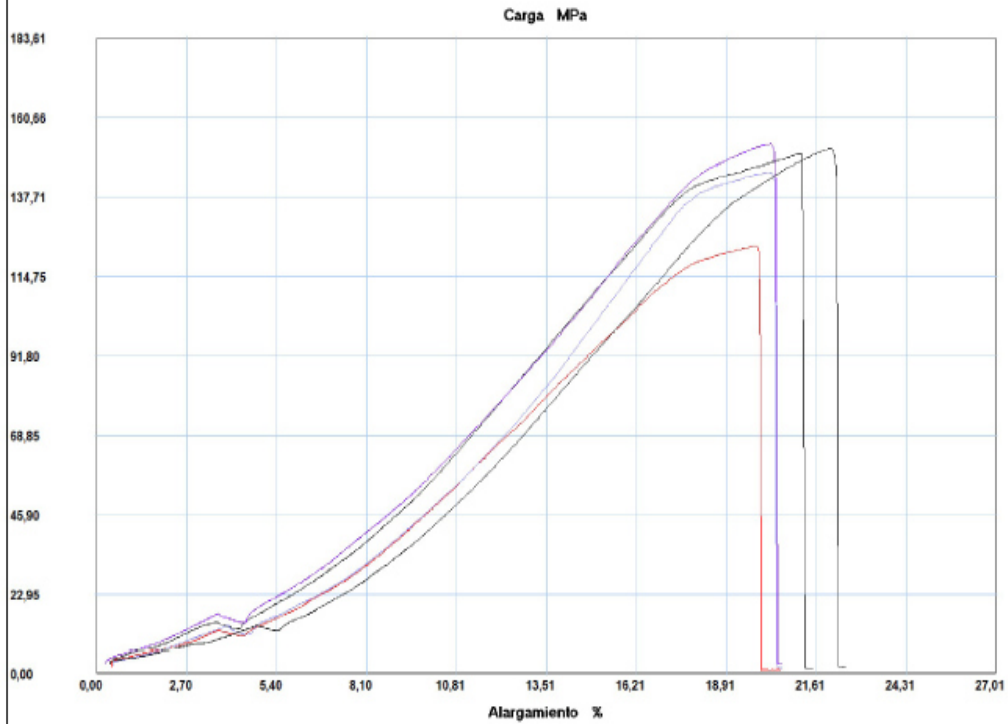
Precarga = 5,00 mm/min
 Ensayo = 5,00 mm/min
 Retorno = 25,00 mm/min
 Posicionamiento = 100,00 mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 12:33:28
 Temperatura : 23,4
 H.R.% : 54,5
 Pedido : 180477137420190918



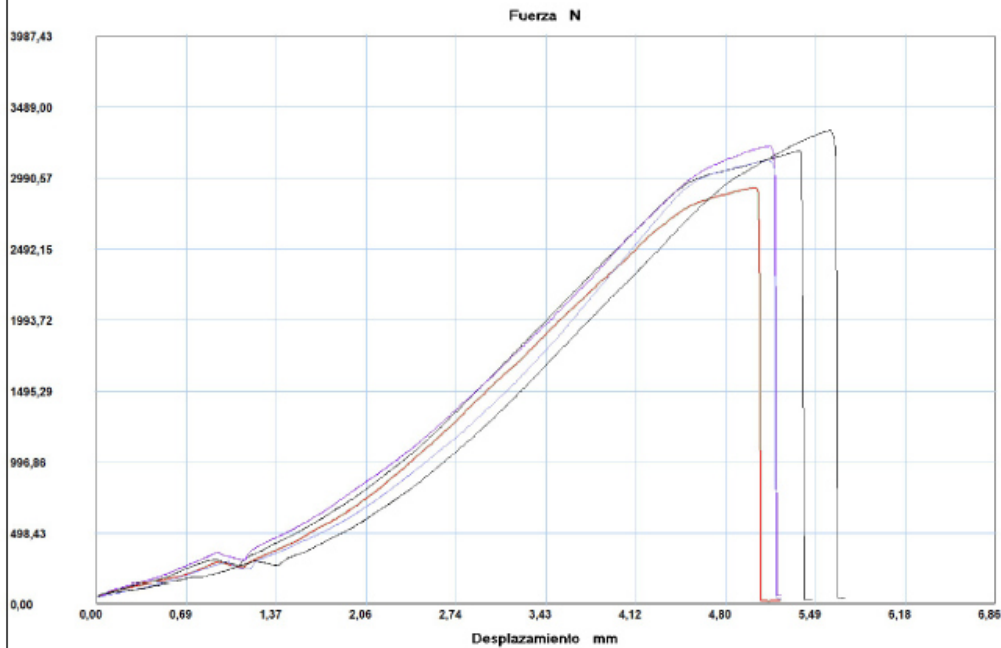
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	2925,25	132,53	2887,39	123,54	5,60	121,95
2	3180,86	145,16	3172,97	150,28	6,86	149,91
3	3215,57	162,51	3161,92	153,01	7,73	150,45
4	3111,43	112,02	3054,63	144,74	5,21	142,10
5	3322,86	110,45	3258,17	151,70	5,04	148,75
Media	3151,194	132,534	3107,016	144,654	6,088	142,630
Desv. Std	147,585	22,173	142,471	12,214	1,162	12,039
Coef. V.	0,047	0,167	0,046	0,084	0,191	0,084
+3 Sigma	3593,949	199,052	3534,429	181,297	9,574	178,749

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 12:33:28
 Temperatura : 23,4
 H.R.% : 54,5
 Pedido : 180477137420190918



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	2925,25	132,53	2887,39	123,54	5,60	121,95
2	3180,86	145,16	3172,97	150,28	6,86	149,91
3	3215,57	162,51	3161,92	153,01	7,73	150,45
4	3111,43	112,02	3054,63	144,74	5,21	142,10
5	3322,86	110,45	3258,17	151,70	5,04	148,75
Media	3151,194	132,534	3107,016	144,654	6,088	142,630
Desv. Std	147,585	22,173	142,471	12,214	1,162	12,039
Coef. V.	0,047	0,167	0,046	0,084	0,191	0,084
+3 Sigma	3593,949	199,052	3534,429	181,297	9,574	178,749

Parametros

Precarga = 50,00 N
 Caída % = 100,00
 Retorno Automatico = 0,00
 Limite Fuerza = 45000,00 N
 Limite Desplazamiento = 300,00 mm
 Stop Ext = 100,00 mm

Velocidades

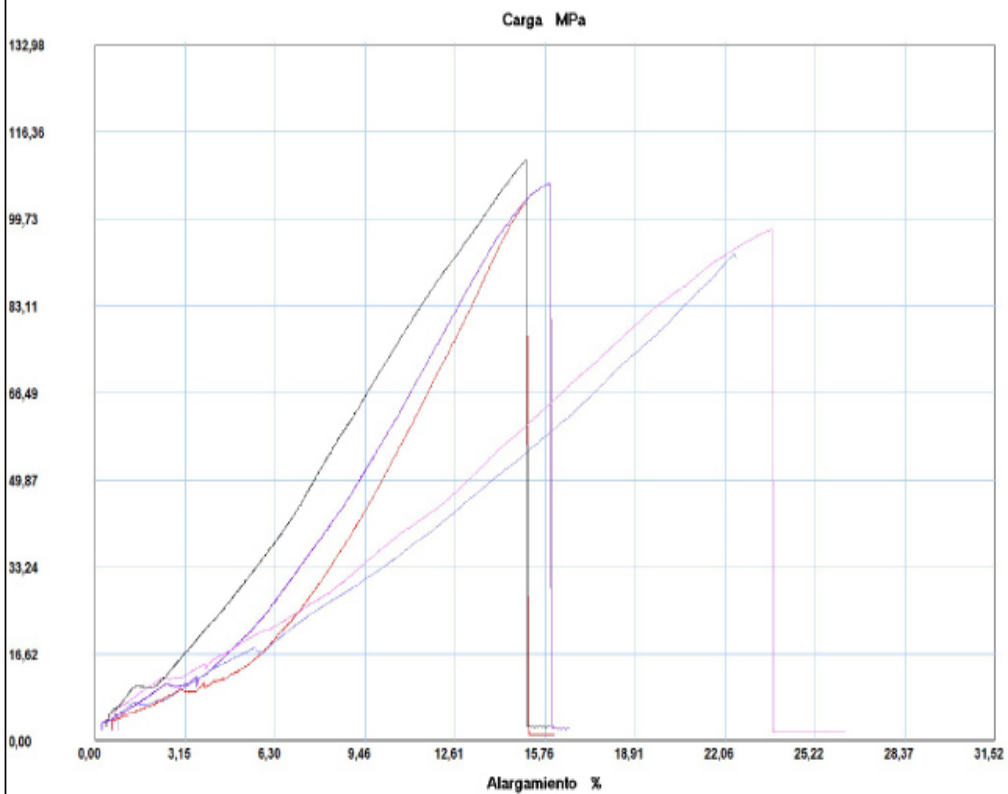
Precarga = 5,00 mm/min
 Ensayo = 5,00 mm/min
 Retorno = 25,00 mm/min
 Posicionamiento = 100,00 mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 03
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 13:07:19
 Temperatura : 24,5
 H.R.% : 53,2
 Pedido : 180477137420190918



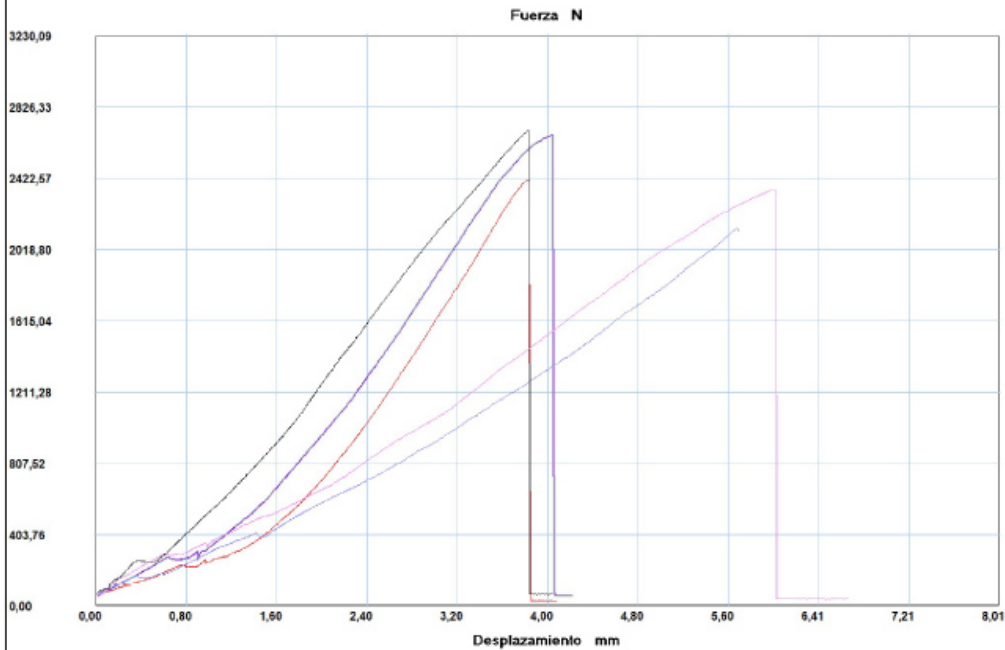
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	2414,04	121,49	2407,73	102,59	5,16	102,32
2	2666,49	167,25	2666,49	106,48	6,68	106,48
3	2141,08	170,40	2120,57	93,00	7,40	92,11
4	2357,24	217,74	2355,66	97,61	9,02	97,55
5	2691,74	224,05	2688,58	110,82	9,22	110,69
Media	2454,118	180,186	2447,806	102,100	7,497	101,830
Desv. Std	229,429	41,960	236,101	7,042	1,689	7,300
Coef. V.	0,093	0,233	0,096	0,069	0,225	0,072
+3 Sigma	3142,405	306,067	3156,110	123,226	12,565	123,729

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 03
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 13:07:19
 Temperatura : 24,5
 H.R.% : 53,2
 Pedido : 180477137420190918



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	2414,04	121,49	2407,73	102,59	5,16	102,32
2	2666,49	167,25	2666,49	106,48	6,68	106,48
3	2141,08	170,40	2120,57	93,00	7,40	92,11
4	2357,24	217,74	2355,66	97,61	9,02	97,55
5	2691,74	224,05	2688,58	110,82	9,22	110,69
Media	2454,118	180,186	2447,806	102,100	7,497	101,830
Desv. Std	229,429	41,960	236,101	7,042	1,689	7,300
Coef. V.	0,093	0,233	0,096	0,069	0,225	0,072
+3 Sigma	3142,405	306,067	3156,110	123,226	12,565	123,729

Parametros

Precarga = 50,00 N
 Caída % = 100,00
 Retorno Automatico = 0,00
 Limite Fuerza = 45000,00 N
 Limite Desplazamiento = 300,00 mm
 Stop Ext = 100,00 mm

Velocidades

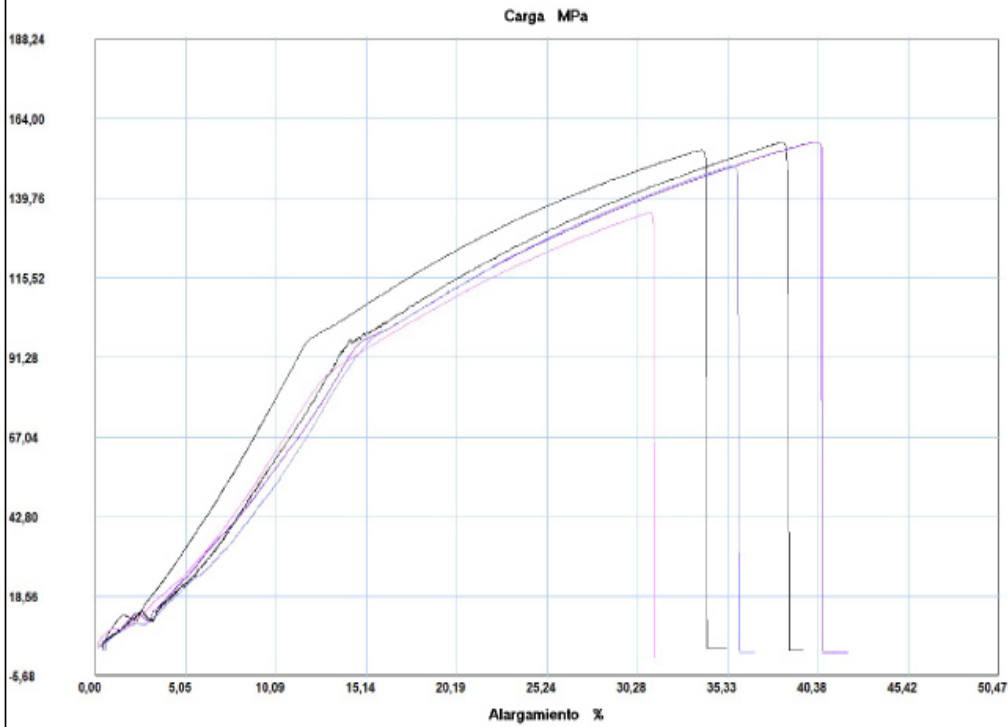
Precarga = 5,00 mm/min
 Ensayo = 5,00 mm/min
 Retorno = 25,00 mm/min
 Posicionamiento = 500,00 mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 04
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E23
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 16:25:00
 Temperatura : 24,3
 H.R.% : 56,5
 Pedido : 180477137420190918



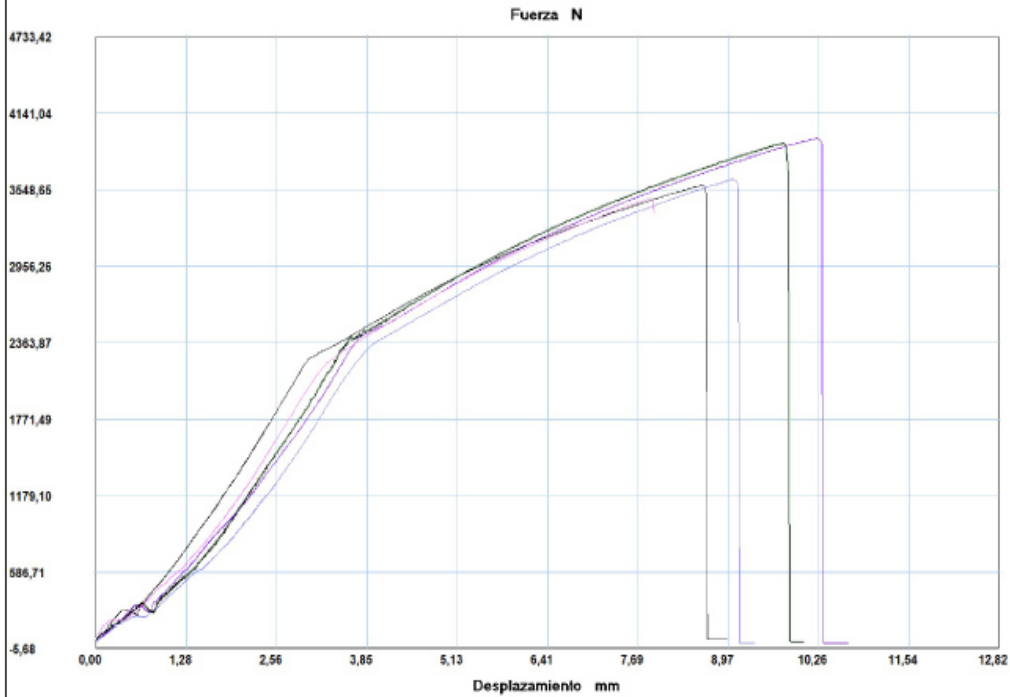
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
■ 1	3580,04	299,78	3553,22	154,40	12,93	153,25
■ 2	3944,52	312,40	3890,87	156,87	12,42	154,74
■ 3	3627,38	231,94	3591,09	149,63	9,57	148,13
■ 4	3475,91	238,25	3433,31	135,26	9,27	133,61
■ 5	3906,65	284,00	3853,00	156,70	11,39	154,55
Media	3706,900	273,274	3664,298	150,573	11,117	148,854
Desv. Std	207,447	36,344	198,744	9,043	1,649	8,935
Coef. V.	0,056	0,133	0,054	0,060	0,148	0,060
+3 Sigma	4329,240	382,307	4260,530	177,703	16,063	175,659

INFORME :
ENSAYO :

ETM 04
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E23
 Fecha : 23/09/2019
 Hora : 16:25:00
 Temperatura : 24,3
 H.R.% : 56,5
 Pedido : 180477137420190918



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
■ 1	3580,04	299,78	3553,22	154,40	12,93	153,25
■ 2	3944,52	312,40	3890,87	156,87	12,42	154,74
■ 3	3627,38	231,94	3591,09	149,63	9,57	148,13
■ 4	3475,91	238,25	3433,31	135,26	9,27	133,61
■ 5	3906,65	284,00	3853,00	156,70	11,39	154,55
Media	3706,900	273,274	3664,298	150,573	11,117	148,854
Desv. Std	207,447	36,344	198,744	9,043	1,649	8,935
Coef. V.	0,056	0,133	0,054	0,060	0,148	0,060
+3 Sigma	4329,240	382,307	4260,530	177,703	16,063	175,659

Parametros

Precarga = 50,00 N
 Caída % = 100,00
 Retorno Automatico = 0,00
 Limite Fuerza = 45000,00 N
 Limite Desplazamiento = 300,00 mm
 Stop Ext = 100,00 mm

Velocidades

Precarga = 5,00 mm/min
 Ensayo = 5,00 mm/min
 Retorno = 25,00 mm/min
 Posicionamiento = 100,00 mm/min

ANEXO 3: Informe técnico del ensayo de impacto



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



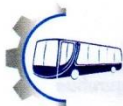
RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180406214720181114-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Javier Guerrero	
Dirección: Huambalò, Calle González Suárez	
Núm. de cédula / RUC: 1804771374	Teléfono: 0989506135
E-mail: christianguerrero93@gmail.com	
DATOS INFORMATIVOS	
Laboratorio: Resistencia de Materiales	
Designación del material: Bronce Sinterizado (800,900)*C, polvo comercial y artesanal	
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	Característica	Probetas a Ensayar
1	180477137420190918-EIM 01	Artesanal. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
2	180477137420190918-EIM 02	Comercial. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
3	180477137420190918-EIM 03	Artesanal. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
4	180477137420190918-EIM 04	Comercial. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
Total			20

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



No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	1804771337420190918-EIM 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
2	1804771337420190918-EIM 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
3	1804771337420190918-EIM 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
4	1804771337420190918-EIM 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
5	1804771337420190918-EIM 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
6	1804771337420190918-EIM 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
7	1804771337420190918-EIM 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
8	1804771337420190918-EIM 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
9	1804771337420190918-EIM 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
10	1804771337420190918-EIM 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
11	1804771337420190918-EIM 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
12	1804771337420190918-EIM 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
13	1804771337420190918-EIM 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
14	1804771337420190918-EIM 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
15	1804771337420190918-EIM 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
16	1804771337420190918-EIM 04-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
17	1804771337420190918-EIM 04-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
18	1804771337420190918-EIM 04-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
19	1804771337420190918-EIM 04-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18
20	1804771337420190918-EIM 04-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/18



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		





LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°: 1804771337420190918-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM 2018 059
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Guerrero Paredes.
RUC/C.I.: 1804771374 **Ciudad:** Ambato
Dirección: Huambaló, Calle González Suárez **Teléfono:** 0989506135
Correo: christianguerrero93@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 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos.
Tipo de ensayo: Cuantitativo **Energía utilizada (J):** 450(J)
Tipo de muestra: Sin entalle.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Modelo: PIC 450/C **Serie:** M152552AR14.
Fecha de Inicio de Ensayo: 18/09/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 27/09/2019

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	Característica	Probetas a Ensayar
1	180477137420190918-EIM 01	Artesanal. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
2	180477137420190918-EIM 02	Comercial. 800° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
3	180477137420190918-EIM 03	Artesanal. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
4	180477137420190918-EIM 04	Comercial. 900° C. 88% Cobre, 4% Plomo, 4% Zinc y 4% Estaño	5
Total			20

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, 30 de septiembre de 2019.

N°. Factura: 001-002-000007972.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero

Resultados:

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			SI	NO
1	1804771337420190918-EIM 01-1	23,3	54,3	1,024	1,000	1,02	1,63	1,592	X	
2	1804771337420190918-EIM 01-2	23,3	54,3	0,985	0,992	0,98	1,57	1,607	X	
3	1804771337420190918-EIM 01-3	23,3	54,3	1,004	0,99	0,99	1,63	1,640	X	
4	1804771337420190918-EIM 01-4	23,3	54,3	1,006	0,995	1,00	1,65	1,648	X	
5	1804771337420190918-EIM 01-5	23,3	54,3	1,001	0,986	0,99	1,63	1,651	X	
				Promedio \bar{X}			1,622	1,628		
				Desviación estándar S_{n-1}			0,030	0,027		
				Coeficiente de variación CV			1,870	1,646		

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			SI	NO
6	1804771337420190918-EIM 02-1	23,5	52,4	0,999	0,984	0,98302	2,23	2,269	X	
7	1804771337420190918-EIM 02-2	23,5	52,4	0,975	0,991	0,96623	2,53	2,618	X	
8	1804771337420190918-EIM 02-3	23,5	52,4	0,991	0,989	0,98010	2,23	2,275	X	
9	1804771337420190918-EIM 02-4	23,5	52,4	0,997	0,985	0,98205	2,53	2,576	X	
10	1804771337420190918-EIM 02-5	23,5	52,4	0,992	0,986	0,97811	2,65	2,709	X	
				Promedio \bar{X}			2,434	2,490		
				Desviación estándar S_{n-1}			0,193	0,204		
				Coeficiente de variación CV			7,911	8,212		

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.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			SI	NO
11	1804771337420190918-EIM 03-1	24,5	52,5	0,977	0,965	0,94281	7,24	7,679	X	
12	1804771337420190918-EIM 03-2	24,5	52,5	1,052	0,964	1,01413	7,56	7,455	X	
13	1804771337420190918-EIM 03-3	24,5	52,5	0,992	0,968	0,96026	8,43	8,779	X	
14	1804771337420190918-EIM 03-4	24,5	52,5	0,997	0,967	0,96410	8,21	8,516	X	
15	1804771337420190918-EIM 03-5	24,5	52,5	0,982	0,967	0,94959	7,06	7,435	X	
				Promedio \bar{X}			7,700	7,973		
				Desviación estándar S_{n-1}			0,599	0,630		
				Coeficiente de variación CV			7,775	7,905		

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			SI	NO
16	1804771337420190918-EIM 04-1	24,5	52,5	1,019	1,003	1,02206	18,95	18,541	X	
17	1804771337420190918-EIM 04-2	24,5	52,5	1,033	0,998	1,03093	18,59	18,032	X	
18	1804771337420190918-EIM 04-3	24,5	52,5	1,004	0,995	0,99898	16,07	16,086	X	
19	1804771337420190918-EIM 04-4	24,5	52,5	1,025	1,01	1,03525	18,98	18,334	X	
20	1804771337420190918-EIM 04-5	24,5	52,5	1,025	0,995	1,01988	17,59	17,247	X	
				Promedio \bar{X}			18,036	17,648		
				Desviación estándar S_{n-1}			1,235	1,002		
				Coeficiente de variación CV			6,846	5,677		

Observaciones: Ninguna

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



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero


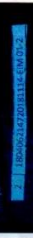

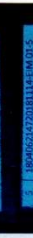
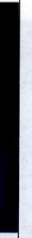


Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 1804771337420190918-EIM
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Sr. Javier Guerrero
DIRECCIÓN: Huambaló, Calle González Suárez
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804771374 **TELÉFONO:** 0989506135
E-MAIL: christianguerrero93@gmail.com

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material:
 Bronce Sinterizado (800,900)*C. polvo comercial y artesanal
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	1804771337420190918-EIM 01-1	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
2	1804771337420190918-EIM 01-2	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
3	1804771337420190918-EIM 01-3	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
4	1804771337420190918-EIM 01-4	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
5	1804771337420190918-EIM 01-5	18/09/2019	27/09/2019	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



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carracero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	1804771337420190918-EIM 02-1	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
7	1804771337420190918-EIM 02-2	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
8	1804771337420190918-EIM 02-3	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
9	1804771337420190918-EIM 02-4	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
10	1804771337420190918-EIM 02-5	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
11	1804771337420190918-EIM 03-1	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
12	1804771337420190918-EIM 03-2	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
13	1804771337420190918-EIM 03-3	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
14	1804771337420190918-EIM 03-4	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
15	1804771337420190918-EIM 03-5	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
16	1804771337420190918-EIM 04-1	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
17	1804771337420190918-EIM 04-2	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
18	1804771337420190918-EIM 04-3	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
19	1804771337420190918-EIM 04-4	18/09/2019	27/09/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
20	1804771337420190918-EIM 04-5	18/09/2019	27/09/2019	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.

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

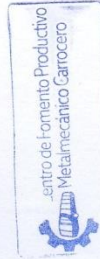


Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero




Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

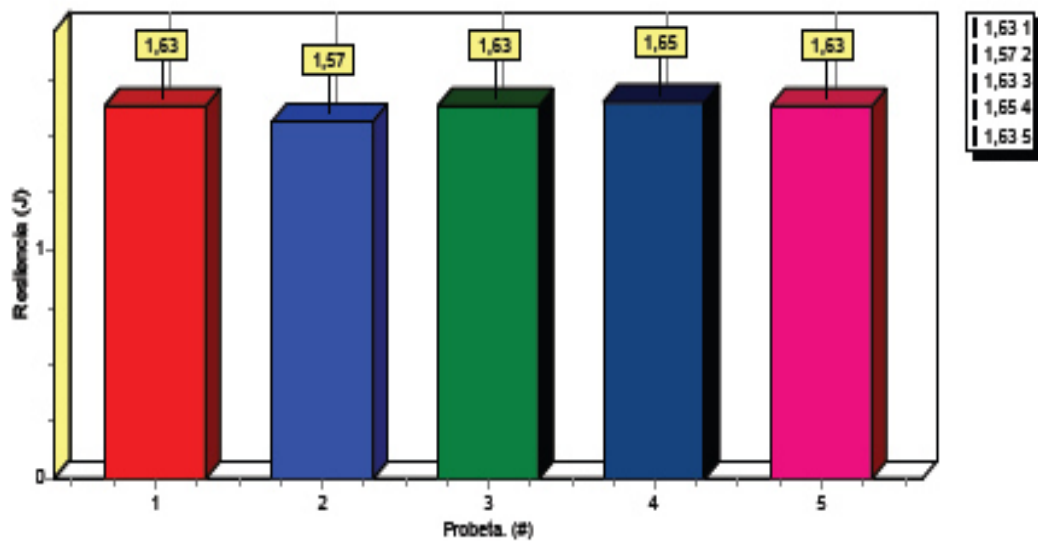
 Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	 Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	 Aprobado por: Ing. Esteban Lopez Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		



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

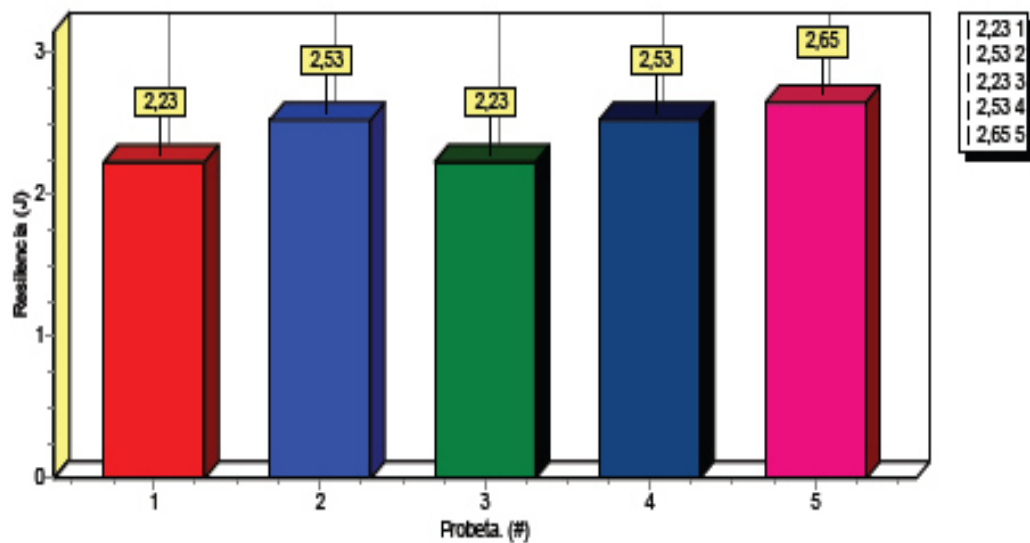
HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Ensayo: RESILENCIA		
EIM 01		
Cliente: Pedido: 1804771337420190918 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 23,5 °C Fecha: 25/09/2019 Humedad: 52,4 % Hora: 10:24:48		
INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD		



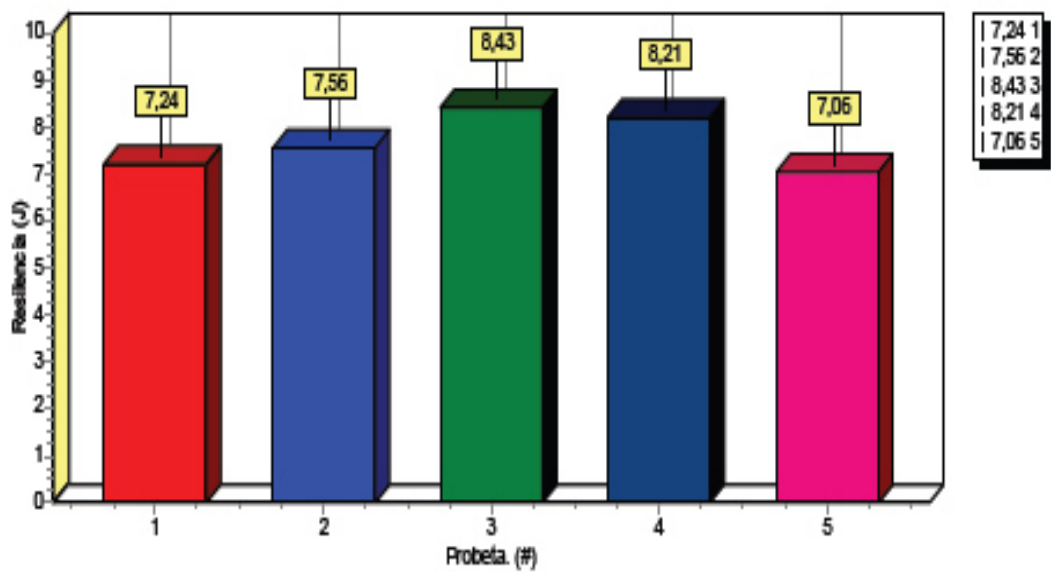
Cálculo	Resiliencia
Unidad	J
1	1,63
2	1,57
3	1,63
4	1,65
5	1,63
Media	1,62
Desv. Std.	0,03
Varianza	0,00
Mínimo	1,57
Máximo	1,65

Ensayo: RESILENCIA		
EIM 02		
Cliente: Pedido: 1804771337420190918 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 24,5 °C Fecha: 26/09/2019 Humedad: 52,5 % Hora: 10:20:34		
INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD		




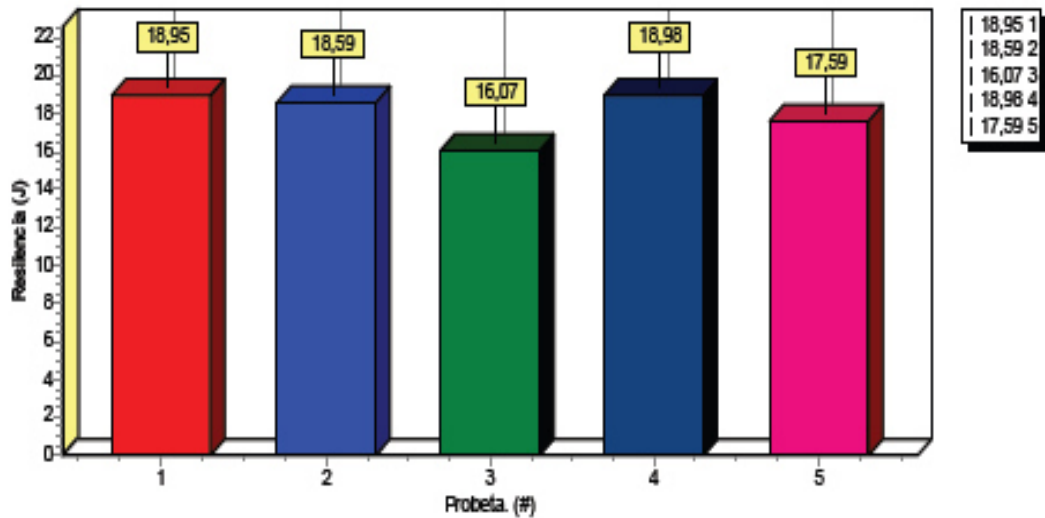
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	2,23
2	2,53
3	2,23
4	2,53
5	2,65
Media	2,43
Desv. Std.	0,17
Varianza	0,03
Mínimo	2,23
Máximo	2,65

Ensayo: RESILENCIA		
EIM 03		
Cliente: Pedido: 1804771337420190918 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 24,5 °C Fecha: 26/09/2019 Humedad: 52,5 % Hora: 9:16:31		
INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD		



Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	7,24
2	7,56
3	8,43
4	8,21
5	7,06
Media	7,70
Desv. Std.	0,54
Varianza	0,29
Mínimo	7,06
Máximo	8,43

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 04		
Cliente: Pedido: 1804771337420190918 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 22,3 °C Fecha: 26/09/2019 Humedad: 54,3 % Hora: 9:17:39		



Calculo Resilencia
 Unidad J

1	18,95
2	18,59
3	16,07
4	18,98
5	17,59

Media	18,04
Desv. Std.	1,10
Varianza	1,22
Mínimo	16,07
Máximo	18,98

ANEXO 4: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de dureza según la norma NTE INEN ISO 6507-1



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN ISO 6507-1
Tercera edición
2014-06

**MATERIALES METÁLICOS - ENSAYO DE DUREZA VICKERS -
PARTE 1: MÉTODO DE ENSAYO (ISO 6507-1:2005, IDT)**

METALLIC MATERIALS - VICKERS HARDNESS TEST - PART 1: TEST METHOD (ISO 6507-1:2005, IDT)

6 Probeta

6.1 El ensayo se debe llevar a cabo sobre una superficie lisa y uniforme, libre de oxidación, materias extrañas y, en particular, completamente libre de lubricantes, a menos que en las normas del producto se especifique lo contrario. El acabado superficial debe permitir una determinación precisa de la longitud de la diagonal de la indentación.

6.2 La preparación se debe realizar de tal forma que se minimice cualquier alteración de la dureza superficial debida, por ejemplo, a un calentamiento o a una acritud excesivas.

Debido a la pequeña profundidad de la huella en los ensayos de micro dureza Vickers, es esencial tomar precauciones especiales durante la preparación. Se recomienda utilizar un proceso de pulido o electropulido, que sea adecuado a las características del material.

6.3 El espesor de la probeta o de la capa de material que se ha de ensayar debe ser, al menos, 1,5 veces mayor que la longitud de la diagonal de la huella (ver el Anexo A).

No debe aparecer ninguna deformación en la cara opuesta de la probeta después del ensayo.

6.4 Para ensayos sobre superficies curvas se deben aplicar las correcciones indicadas en las Tablas B.1 a B.6 del Anexo B.

6.5 Para probetas de sección transversal pequeña o de forma irregular puede ser necesario utilizar algún tipo de soporte adicional.

ANEXO 5: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de tracción según la norma ASTM E8/ E8M-16a

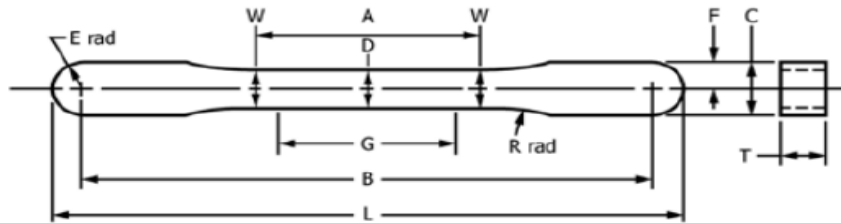
Esta norma internacional se elaboró de conformidad con los principios internacionalmente reconocidos sobre normalización establecidos en la Decisión sobre los principios para el desarrollo de normas, guías y recomendaciones internacionales emitidos por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio.

Designación: E8 / E8M -16a

Estado de la Asociación Americana
Patrones de Transporte y Carreteras Estándar
AASHTO Nº: T68
Una Norma Nacional Americana

Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos

Esta norma se emite con la designación fija E8 / E8M; El número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de la adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última re-aprobación. Un sobrescrito épsilon (') indica un cambio editorial desde la última revisión o re aprobación.



Área de prensado = 645 mm² [1,00 in.²]

Dimensiones, mm [in.]	
G-Longitud del indicador	25.4 ± 0.08 [1.000 ± 0.003]
D -Ancho en el centro	5.72 ± 0.03 [0.225 ± 0.001]
W - Ancho al final de la sección reducida paralela	5.97 ± 0.03 [0.235 ± 0.001]
T- Compacta a este grosor	3.56 to 6.35 [0.140 to 0.250]
R-Radio del filete, min (Nota 3)	25.4 [1]
A- Longitud de la sección paralela reducida	31.8 [1.25]
B- Longitud de agarre	80.95 ± 0.03 [3.187 ± 0.001]
L-Longitud total, min	89.64 ± 0.03 [3.529 ± 0.001]
C- Ancho de la sección de agarre	8.71 ± 0.03 [0.343 ± 0.001]
F- Mediano ancho de la sección de agarre	4.34 ± 0.03 [0.171 ± 0.001]
E- Radio final	4.34 ± 0.03 [0.171 ± 0.001]

NOTA 1-Dimensiones especificadas, excepto G y T, son las de la matriz.

FIG. 19 Especímenes de prueba de tensión planos no laminados estándar para productos de metalurgia de polvo (P / M)

ANEXO 6: Especificaciones de los parámetros para el ensayo de impacto según la norma ASTM E23-16b

Esta norma internacional se elaboró de conformidad con los principios internacionalmente reconocidos sobre normalización establecidos en la Decisión sobre los principios para el desarrollo de normas, guías y recomendaciones internacionales emitidos por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio.

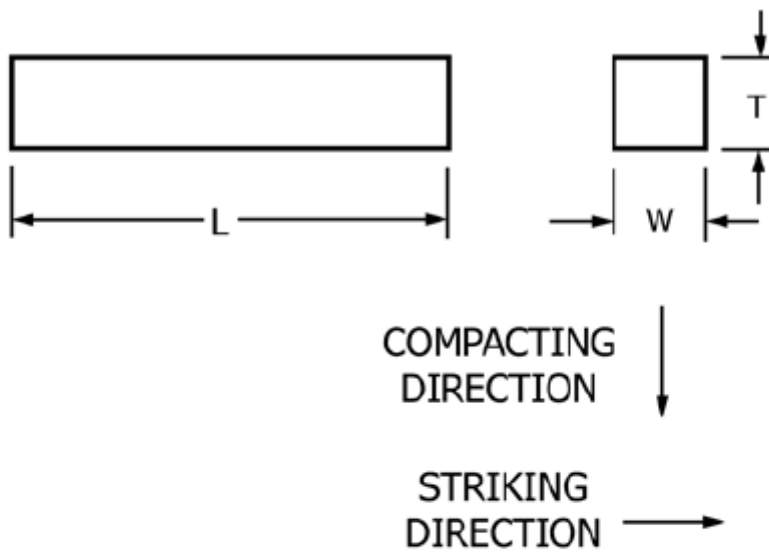


Designation: E23 – 16b

Una Norma Nacional Americana

Métodos de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos¹

Esta norma se emite bajo la designación fija E23; El número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última re-aprobación. Un superíndice epsilon (ε) indica un cambio editorial desde la última revisión o reprobación. Esta norma ha sido aprobada para ser utilizada por agencias del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.



	Dimensiones mm
L- Longitud total	55.0 ± 1.0
W- Anchura	10.00 ± 0.13
T-Espesor	10.00 ± 0.13

NOTA 1-Los lados adyacentes deben estar a 90 ° ± 10 min.

FIG. 3 Prueba de Impacto Charpy (Simple Beam) sin muesca Para Materiales Estructurales en Polvo de Metal