



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:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA.”

AUTOR: Diego Salvador Carrera Ramos

TUTOR: Ing. Mg Gonzalo López

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA”, Elaborado por el Sr. Diego Salvador Carrera Ramos, portador de la cedula de ciudadanía: 1804474730, egresado 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.
- Esta concluido en su totalidad.

.....
Ing. Mg. Gonzalo López

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo Diego Salvador Carrera Ramos, con C. I. # 180447473-0 declaro que las actividades y tareas realizadas para la obtención de resultados en el presente Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico bajo el tema “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA”, es de mi absoluta autoría y responsabilidad con excepción de las fuentes citadas en el trabajo experimental.

Ambato, Marzo de 2018

.....
Diego Salvador Carrera Ramos

C. I. 1804474730

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 según las normas de la institución.

Cedo los Derechos de 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 los derechos del autor.

.....
Diego Salvador Carrera Ramos

180447473-0

AUTOR.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe de trabajo experimental realizado por el estudiante Diego Salvador Carrera Ramos de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA”.

Ambato, marzo del 2018

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg Henry Vaca

.....

Ing. Mg Cristian Pérez

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado por sobre todo a Dios que ha sido quien ha forjado mi camino y me ha dado la sabiduría para seguir por el camino del bien.

A mis padres Lourdes Ramos y Edison Carrera quienes con su apoyo e incentivo han guiado mi camino permitiéndome alcanzar una de las metas propuestas.

A Marcia Aranda quien forma parte fundamental de mi crecimiento intelectual con su motivación, amor, impulso y apoyo incondicional en especial en los momentos difíciles.

A todas las personas que forman parte de mi vida en especial a mi familia mi hermano Leandro.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios por haberme brindado la sabiduría e inteligencia necesaria para finalizar mi carrera universitaria.

A mis padres que con sacrificio y esmero me brindaron su apoyo.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Ambato por permitirme ser parte de la institución darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica por ser parte fundamental del propósito, impartiendo los conocimientos que he adquirido a lo largo de mi formación académica.

Al Ing. Mg: Gonzalo López quien guio con su conocimiento el desarrollo del trabajo experimental ejecutado.

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO	iii
DERECHOS DEL AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
TABLA DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1 TEMA	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	5
CAPÍTULO II	6
FUNDAMENTACIÓN	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1.1 Ingeniería de los materiales	6
2.1.2 Materiales Poliméricos	7

2.1.3 Materiales Cerámicos.....	8
2.1.4 Materiales compuestos.....	8
2.1.6 Metales.....	9
2.1.7 Necesidad de materiales modernos.....	10
2.2 Aluminio.....	11
2.2.1 Características del aluminio.....	11
2.2.2 Aleaciones de aluminio.....	12
2.2.3 Clasificación de las aleaciones de aluminio.....	12
2.3 Magnesio.....	13
2.3.1 Características del magnesio.....	14
2.3.2 Aleaciones aluminio magnesio.....	15
2.3.3 Tipos de aleaciones Al-Mg.....	15
2.3.3.1 Serie 5XXX.....	15
2.4 Pulvimetalurgia.....	16
2.4.1 Procesado del polvo.....	17
2.4.1.1 Molino de bolas rotatorio.....	17
2.4.2 Dosificación y mezcla.....	18
2.4.3 Compactado.....	18
2.4.4 Sinterizado.....	18
2.5 Propiedades mecánicas de los materiales.....	19
2.5.1 Ensayo de tracción.....	19
2.5.2 Ensayos de dureza.....	19
2.5.2.1 Dureza Brinell (HB).....	20
2.5.2.2 Dureza Rockwell (HR).....	20
2.5.3 Ensayo de impacto.....	21
2.5.4 Análisis estadístico (análisis de varianza).....	22
2.5.5 Verificación de hipótesis básicas.....	22
2.5.5.1 Normalidad.....	22
2.5.5.2 Igualdad de varianzas.....	22

2.6 HIPÓTESIS.....	23
2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	23
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	23
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	23
2.7.3 TERMINO DE RELACIÓN	23
3.1. Nivel o tipo de investigación.....	24
3.1.1. Exploratorio.....	24
3.1.2. Descriptiva	24
3.1.3. Explicativa.....	24
3.1.4. Experimental	25
3.2. Población y muestra	25
3.2.1. Población.....	25
3.2.2. Muestra.....	25
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
3.3.1. Variable independiente	27
3.3.2 variable dependiente.....	28
3.4 Plan de recolección de datos	29
3.5 Plan de procesamiento y análisis.....	29
3.5.1 Plan de procesamiento	29
3.6 Determinación del proceso de obtención de las probetas experimentales	30
3.6.1. Obtención de la materiales	32
3.6.1.1. Obtención del aluminio 1060 y magnesio.....	32
3.6.2. Obtención de la viruta de los materiales a alear.....	32
3.6.3. Proceso de molienda de los materiales de aleación	33
3.6.4. Tamización del polvo de aluminio y magnesio.....	34
3.6.5. Selección de probetas	35

3.6.6. Desarrollo de fracciones porcentuales	37
3.6.6.1. Cálculos de la fracción porcentual para ensayo de impacto	37
3.6.6.2. Cálculos de la fracción porcentual para ensayos de dureza e impacto	39
3.6.7. Configuración de las partículas de polvo	41
3.6.8. Mezcla de polvos.....	42
3.6.9. Elaboración de las probetas por proceso de compactación.....	42
3.6.9.1. Preparación del molde.....	43
3.6.9.2. Preparación del material.....	44
3.6.9.3. Compactación del material combinado	44
3.6.9.4. Desmolde de las probetas.....	44
3.6.10. Sinterizado de probetas	45
3.6.11. Determinación de las propiedades mecánicas.....	46
3.6.11.1. Ensayo de tracción	46
3.6.11.2. Ensayo de dureza	47
3.6.11.1. Ensayo de Impacto	47
CAPÍTULO IV	49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	49
4.1. Recolección de datos.....	49
4.1.1. Tabulación de resultados de los ensayos de dureza	49
4.1.2. Tabulación de resultados de ensayos de tracción.....	58
4.1.3. Tabulación de resultados de ensayos de impacto.....	72
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
4.2.1. Evaluación del material cuya fracción porcentual presenta las mejores propiedades mecánicas a tracción, dureza e impacto.....	81
4.2.1.1 Evaluación del ensayo de dureza	83
4.2.1.1 Evaluación del ensayo de tracción	86
4.2.2 Interpretación de datos	88
4.2.3. Comparación de resultados	88
4.2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	89

4.2.4.1 Redacción de hipótesis ensayo de tracción (resistencia a la tracción (SUT) .	89
4.2.4.3 Redacción de hipótesis ensayo de impacto	92
4.2.4.4 Redacción de hipótesis ensayo de dureza	94
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	96
CAPÍTULO V	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1. CONCLUSIONES	98
5.2. RECOMENDACIONES	100
Bibliografía	102
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolucion de la ingeniería de materiales en base al tiempo.	7
Figura 2. Piezas fabricadas de polímeros.....	7
Figura 3. Algunos componentes cerámicos.	8
Figura 4. Material compuesto.	9
Figura 5. Microprocesador constituido por materiales semiconductores	9
Figura 6. Componentes metálicos (muelles, grapas, etc.).....	10
Figura 7. Algunos tipos de productos de aluminio	11
Figura 8. Producción mundial de magnesio.....	14
Figura 9. Composición de serie 5xxx y sus valores de resistencia a la tracción y tensión en ksi.....	15
Figura 10. Esquema del proceso de pulvimetalurgia	16
Figura 11. Micrografía en base al tiempo de molienda.....	17
Figura 12. Equipo para ensayo de tracción.	19
Figura 13. Ensayo Brinell.	20
Figura 14. Ensayo de dureza Rockwell (HR).	21
Figura 15. Ensayo de impacto Charpy.	21
Figura 16. Diagrama de flujo del trabajo experimental.	31
Figura 17. Cable de aluminio.....	32
Figura 18. Eje de Magnesio.	32
Figura 19. Virutas de los materiales.....	33
Figura 20. Molino de bolas	33
Figura 21. Proceso de tamizado.	34
Figura 22. Producto final del tamizado.....	34
Figura 23. Probeta para ensayo de tracción.	35
Figura 24. Probeta para ensayo de dureza.....	36
Figura 25. Probetas para ensayo de impacto.....	36
Figura 26. Peso de fracciones porcentuales	40

Figura 27. Proceso de mezcla de polvos	42
Figura 28. Proceso de compactación en la prensa universal.....	43
Figura 29. Molde para prensado de probetas.	43
Figura 30. Molde para prensado de probetas.	44
Figura 31. Revisión de las probetas	45
Figura 32. Proceso de sinterizado.	46
Figura 33. Equipo para ensayo de tracción.	46
Figura 34. Equipo para medición de dureza.	47
Figura 35. Equipo para ensayo de impacto.	48
Figura 36. Comparación de resultados de dureza.	82
Figura 37. Comparación de resultados de dureza.	83
Figura 38. Comparación de resultados de resistencia última a la tracción.	84
Figura 39. Comparación de resultados de límite de fluencia.	85
Figura 40. Comparación de resultados de tracción.	85
Figura 41. Comparación de resultados de límite de fluencia.	86
Figura 42. Comparación de resultados de límite de fluencia.	87
Figura 43. Comparación de resultados de límite de fluencia.	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las aleaciones de aluminio.....	13
Tabla 2. Especificaciones de muestra.	26
Tabla 3. Variable independiente.....	27
Tabla 4. Variable dependiente.....	28
Tabla 5. Diferentes tamaños y formas de las partículas de polvos.	41
Tabla 6. Recolección de datos del ensayo de dureza	49
Tabla 7. Recolección de datos del ensayo de dureza	52
Tabla 8. Recolección de datos del ensayo de dureza	55
Tabla 9. Recolección de datos del ensayo de tracción	58
Tabla 10. Recolección de datos del ensayo de tracción	63
Tabla 11. Recolección de datos del ensayo de tracción	67
Tabla 12. Recolección de datos del ensayo de impacto.	72
Tabla 13. Recolección de datos del ensayo de impacto	75
Tabla 14. Recolección de datos del ensayo de impacto	78
Tabla 15. Comparación de resultados de los ensayos de dureza.....	81
Tabla 16. Comparación de resultados de los ensayos de tracción.	84
Tabla 17. Comparación de resultados de los ensayos de impacto.	86
Tabla 18. Ponderación de datos.....	88
Tabla 19. Composición química Al 1060.	88
Tabla 20. Composición química del Mg AZ91D.....	89
Tabla 21. Comparación de resultados de Al 1060, Mg AZ91D, Al sinterizado, Mg sinterizado, y material Al 1060 con MG.....	89
Tabla 22. Test de normalidad Sut.....	90
Tabla 23. Test de igualdad de varianza Sut.....	90
Tabla 24. Análisis de Varianza Sut	91
Tabla 25 Test de normalidad Sy.....	91
Tabla 26 Test de igualdad de varianza Sy.....	92
Tabla 27. Análisis de Varianza Sy.	92

Tabla 28 Test de normalidad Impacto.....	93
Tabla 29 Test de igualdad de varianza Impacto.....	93
Tabla 30. Análisis de varianza Impacto.....	94
Tabla 31 Resultados del análisis de varianza impacto.....	94
Tabla 32 Test de normalidad dureza.....	95
Tabla 33 Test de igualdad de varianza dureza.....	95
Tabla 34 Análisis de varianza dureza.....	96
Tabla 35 Resultados del análisis de varianza dureza.....	96

RESUMEN EJECUTIVO.

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA.”

Autor: Diego Salvador Carrera Ramos

Tutor: Ing. Mg. Gonzalo López

El trabajo experimental se basó en el estudio de las propiedades mecánicas básicas (resistencia última a la tracción, límite de fluencia, dureza, resistencia al impacto) de la aleación aluminio 1060 con magnesio en sus distintas fracciones volumétricas, el planteamiento del estudio surge por la aparición de nuevos materiales los mismos que son empleados en la construcción de elementos mecánicos que forman parte de vehículos y otros medios de transporte, con propiedades iguales o superiores a las de los materiales tradicionales, siendo reemplazados por algunas de sus ventajas entre las cuales tenemos su reducido peso y bajo costo, el material aleado fue sometido a análisis de tracción dureza e impacto obteniendo los resultados finales de cada uno de los ensayos.

Para la ejecución de los ensayos se emplearon las normas ASTM que regulan la ejecución de las pruebas, así se emplearon las siguientes normas: (Tracción ASTM E8-00b, Dureza ASTM E10-01, Impacto ASTM E23-01), de esta forma se ejecutaron los análisis y se logró establecer la fracción volumétrica que presento los mejores resultados.

Con los resultados obtenidos se determinó que los grupos con las mejores características mecánicas son el grupo Y1 para ensayos de tracción y el grupo Y2 para ensayos de dureza e impacto presentando las siguientes propiedades promedio, resistencia ultima a la tracción: 53,19 MPa, límite de fluencia: 7,29 Mpa, dureza: 41,98 HB, resistencia al impacto: 1,12 J/cm².

Palabras clave:

Propiedades mecánicas, aleación, fracción volumétrica, aluminio 1060 con magnesio, normas ASTM.

ABSTRACT

"STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES (LAST RESISTANCE TO THE TRACTION, LIMIT OF FLUENCY, HARDNESS, and IMPACT RESISTANCE) OF ALUMINUM ALLOYMENT 1060 WITH MAGNESIUM OBTAINED THROUGH THE PROCESS OF PULVIMETALURGIA."

Autor: Diego Salvador Carrera Ramos

Tutor: Ing. Mg. Gonzalo López

The experimental work was based on the study of the basic mechanical properties (ultimate tensile strength, yield strength, hardness, impact resistance) of aluminum alloy 1060 with magnesium in its different volumetric fractions, the approach of the study arises from the appearance of new materials that are used in the construction of mechanical elements that are part of vehicles and other means of transport, with properties equal or superior to those of traditional materials, being replaced by some of its advantages among which we have its reduced weight and low cost, the alloyed material was subjected to traction hardness and impact analysis obtaining the final results of each of the tests.

For the execution of the tests the ASTM standards that regulate the execution of the tests were used, thus the following norms were used: (ASTM E8-00b, ASTM E10-01 Hardness, ASTM E23-01 Impact), this way they executed the analyzes and it was possible to establish the volumetric fraction that presented the best results.

With the results obtained it was determined that the groups with the best mechanical characteristics are the Y1 group for tensile tests and the Y2 group for hardness and impact tests presenting the following average properties, ultimate tensile strength: 53.19 MPa, limit creep: 7.29 MPa, hardness: 41.98 HB, impact resistance: 1.12 J / cm².

Keywords:

Mechanical properties, alloy, volume fraction, aluminum 1060 with magnesium, ASTM standards.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO) DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA.

1.2 ANTECEDENTES

Jorge Benavides en su artículo de Minería Responsable y Progreso en Nariño considera “Que el desarrollo de la humanidad desde tiempos prehistóricos ha estado íntimamente ligado a la minería tal es así que en la época de la revolución industrial se hizo indispensable la presencia de metales y/o minerales tales como el hierro, carbón, etc.”.
[1]

Ya que en la actualidad es indispensable el uso de nuevos materiales que nos permitan desarrollar y mejorar los avances tecnológicos que se han venido presentando en áreas técnicas tales como telecomunicaciones, transporte entre otros en los cuales se hace indispensable la presencia de materiales tales como el cobre, aluminio, bronce, plata, magnesio, etc. Los cuales al alearse nos permiten mejorar las propiedades y características de cada uno de ellos obteniendo así el aporte necesario de estos en el desarrollo de nuevos proyectos.

En el trabajo de investigación previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Diseño Mecánico del Ing. Segundo Manuel Espín Lagos titulado “ESTUDIO DE LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA CUZNAL PARA DETERMINAR SU APLICACIÓN INDUSTRIAL” presentado en la Facultad de

Ingeniería Civil y Mecánica de Centro de Estudios de Posgrado de la U. T. A., considera que su aleación con composición química 69.7% Cu, 23.49% Zn, 6.71% Al es una aleación inteligente con memoria de forma, la cual recupera su estado inicial al aplicar calor. Este material se puede emplear en elementos de unión para tuberías debido a las propiedades que posee la aleación, la misma tiene un proceso de recuperación de sus características lo que genera un apriete en la unión de los conductos. [2]

Claudia María Solórzano Mendoza y José Luis Ulloa Menta en su trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Presentado en la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el mismo que lleva como tema “OBTENCIÓN Y ENSAYOS DE LA ALEACIÓN DE ZINC ALUMINIO 27 REFORZADO CON PARTÍCULAS CERÁMICAS.” considera que los compuestos de matriz metálica reforzados con partículas cerámicas permiten obtener aceptables propiedades mecánicas y de resistencia al desgaste, en su estudio presentan el proceso de obtención de la aleación de zinc con un 27 % de aluminio además de la adición de partículas cerámicas de carburo de silicio, alúmina y cuarzo, la misma que se incrementa a medida que la cantidad de refuerzo aumenta, en contraste con esta propiedad la resistencia al impacto no supera el límite del compuesto básico sin presencia de las partículas cerámicas. [3]

Otro de los estudios relacionados con el trabajo experimental propuesto es el de Montserrat Haro Rodríguez quien realizó el estudio titulado “DESARROLLO DE INTERMETÁLICOS TIAL MEDIANTE TÉCNICAS PULVIMETALÚRGICAS CONVENCIONALES Y DE ALTA DENSIFICACIÓN (SPARK PLASMA SINTERING)” presentado previo a la obtención del Grado Académico de Master en Ingeniería Mecánica y de Materiales en la Universidad Politécnica de Valencia, en el mismo se considera que los intermetálicos presentan propiedades mejoradas en contraste a las aleaciones convencionales lo cual ha despertado el interés del sector industrial en el desarrollo de productos que combinen las propiedades de los elementos que los conforman y mejoren las propiedades del nuevo material, además en el estudio

se concluye que si se puede obtener productos inter-metálicos de aleación TiAl mediante el proceso de pulvimetalurgia, pero los mismos presentan problemas de porosidad lo cual hace necesario emplear temperaturas altas y tiempo prolongado. A mayor tamaño de las partículas de polvo la densificación se logra de mejor manera pero también se obtiene porosidad cercana al 30 %, no obstante el proceso por SPS otorga mejoras sustanciales con respecto al proceso de pulvimetalurgia convencional logrando una densificación casi total y una inspección del crecimiento de tamaño de grano. [4]

Los ensayos realizados en base a la matriz de aluminio 4032 reforzada con varios porcentajes de carburo de silicio con un promedio de tamaño de 25 micras se obtiene que la resistencia a la tracción incrementa no obstante se encuentra que la dureza del material compuesto logra un nivel significativo en comparación a la del material base, a diferencia del porcentaje de elongación el cual a mayor presencia del elemento de aleación disminuye según el estudio presentado por Luis Fabricio Santana Mera ejecutado en la Universidad Técnica de Ambato en la facultad de Ingeniería civil y mecánica en la carrera de ingeniería mecánica con el tema “ESTUDIO DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 4032 REFORZADO CON PARTÍCULAS DE CARBURO DE SILICIO Y SU INCIDENCIA EN LA DUREZA, RESISTENCIA Y TENACIDAD” [5]

1.3 JUSTIFICACIÓN

La industria en general requiere de elementos con características, propiedades y formas específicas las mismas que se pueden mecanizar con cierta dificultad y durante un largo proceso de manufactura, debido a esto surge un nuevo proceso para la obtención de este tipo de componentes ya que se requieren de piezas como partes de máquinas y componentes de las mismas que deben obtenerse de forma inmediata para el ensamble y posterior funcionamiento.

Debido a esta necesidad aparece el proceso de pulvimetalurgia a través del cual se pueden obtener partes y piezas conformadas con las dimensiones y formas requeridas logrando evitar tiempos de mecanizado y ahorrando de manera significativa dinero y

tiempo en el proceso de ensamblaje, por medio de este procedimiento se han venido creando nuevas combinaciones de materiales los mismos que darán un gran aporte en este sentido, en base a su alta resistencia, bajo peso, y otras características que les permiten incursionar en muchas áreas industriales, con estos materiales se vienen obteniendo grandes resultados en el ámbito de transporte aeroespacial entre otros.

El proceso de pulvimetalurgia ha generado un gran impacto en el área industrial por su versatilidad y área de aplicación la misma que por los avances presentados tiene una gran aceptación en virtud a que se pueden desarrollar elementos de gran calidad, forma compleja, dimensiones similares a las del producto final y con propiedades optimas alcanzadas en base al tamaño y forma del grano empleado en el proceso de compactación y sintonización que requieren los elementos conformados en el proceso de pulvimetalurgia.

La aleación aluminio 1060 con magnesio servirá para la fabricación y obtención de partes y piezas del área industrial, en el campo del transporte terrestre, marítimo, aéreo y aeroespacial. Gracias a los beneficios que presenta el material sinterizado en cuanto a sus características y propiedades mecánicas sean estas bajo peso, elevada resistencia, entre otras que le permiten ser adecuadas para formar parte de vehículos, aeronaves barcos y otros medios de transporte.

El estudio de las propiedades mecánicas del material aluminio 1060 con magnesio obtenido mediante el proceso de pulvimetalurgia permitirá ampliar su aplicación en todos los ámbitos industriales, permitiéndonos obtener elementos y componentes con mejores propiedades y características a las ya existentes las mismas nos brindaran la oportunidad de reemplazar y optimizar los recursos empleados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer las propiedades mecánicas (resistencia última a la tracción, límite de fluencia, dureza, resistencia al impacto) de la aleación aluminio 1060 con magnesio obtenido mediante el proceso de pulvimetalurgia

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Obtener los materiales (Aluminio 1060 y Magnesio) para procesarlos por medio del método de pulvimetalurgia.
- Realizar el proceso necesario para la obtención del material sinterizado por medio de la unión de los elementos pulverizados.
- Determinar las características básicas como límite de fluencia, resistencia última a la tracción, dureza y resistencia al impacto del material sinterizado.
- Identificar los porcentajes adecuados de aleación aluminio magnesio con el fin de obtener los mejores resultados en las propiedades mecánicas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Ingeniería de los materiales

La ingeniería de materiales basa sus estudios en la relación existente entre las propiedades y estructura de los materiales, y se enfatiza en encontrar la estructura adecuada de un elemento que brinde las propiedades necesarias para satisfacer las necesidades de diseño. Si bien la estructura de un material se relaciona con la morfología interna de sus componentes estos pueden ser visualizados a simple vista en el caso de los elementos estructurales macroscópicos, o es indispensable contar con un microscopio para localizarlos en el caso de que se tenga grandes grupos de átomos ligados.

Las propiedades esenciales con las que cuenta un material son las mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas, las cuales al recibir un estímulo provocan una reacción permitiendo así diferenciar las posibles aplicaciones que se le puede dar a un material en base a las condiciones de trabajo que este deberá soportar (fricción, altas temperaturas, desgaste, corrosión, etc.) [6]

La mayor parte de materiales empleados en ingeniería se categorizan en tres grupos principales, estos son materiales metálicos, poliméricos y cerámicos. Además de estos tres grandes grupos también se toman en cuenta los materiales compuestos y los electrónicos o semiconductores estos han sido desarrollados en base a los requerimientos que se presentan en la industria, con las principales características de estos nuevos materiales se pretende obtener mejores propiedades. Los materiales se

Diferencian en base a las propiedades mecánicas, eléctricas, físicas que cada uno de ellos posee. [7]

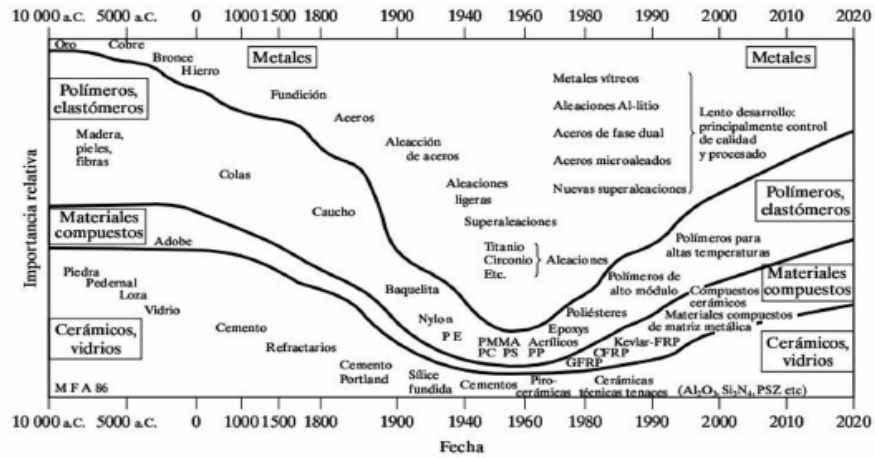


Figura 1. Evolucion de la ingeniería de materiales en base al tiempo.

Fuente. [8]

2.1.2 Materiales Poliméricos

Son compuestos orgánicos basados en el carbono, hidrogeno y otros elementos no metálicos, su principal característica física es la sobresaliente flexibilidad y baja densidad además posee una larga estructura molecular que los identifica, dentro del grupo de los polímeros se encuentran los plásticos y el caucho. [6]



Figura 2. Piezas fabricadas de polímeros

Fuente. [8]

2.1.3 Materiales Cerámicos

Se caracterizan por su extrema dureza y fragilidad se derivan de los compuestos químicos formados por metales y no metales (óxidos, nitruros y carburos) en este grupo podemos encontrar minerales de arcilla, cemento y vidrio. En común son de gran utilidad como aislantes eléctricos y térmicos, resisten agrestes temperaturas e inclemencias del ambiente, son más resistentes que los polímeros y metales. [6]



*Figura 3. Algunos componentes cerámicos.
Fuente. [8]*

2.1.4 Materiales compuestos

Por lo general este tipo de materiales está formado de 2 o más compuestos teniendo como referencia principal la fibra de vidrio, que consta de filamentos de vidrio con una base polimérica, generalmente se buscan estos materiales para mejorar las propiedades de los elementos que componen esta matriz compuesta ya sea en resistencia, flexibilidad, etc. [6]

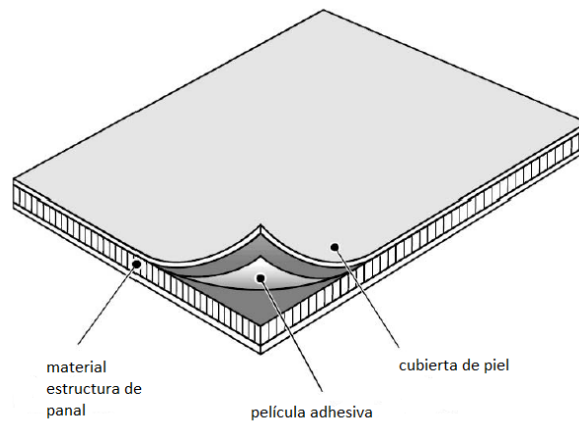


Figura 4. *Material compuesto.*

Fuente. [9]

2.1.5 Semiconductores

Este tipo de materiales posee propiedades eléctricas intermedias entre los conductores y los aislantes eléctricos, estos elementos son muy sensibles a la presencia de pequeñas concentraciones de átomos, los mismos se han presentado para desarrollo de la industria electrónica, gracias a los materiales semiconductores se ha logrado el diseño y la construcción de los circuitos integrados que son componentes de ordenadores y otros aparatos electrónicos. [6]



Figura 5. *Microprocesador constituido por materiales semiconductores*

Fuente. [7]

2.1.6 Metales

Se componen de uno o más elementos metálicos y no metálicos entre los elementos metálicos presentes tenemos (hierro, cobre, níquel, etc.), entre los elementos no metálicos que forman parte de este grupo están (carbono, nitrógeno, oxígeno),

generalmente los materiales metálicos son excelentes conductores eléctricos y térmicos, además de poseer alta resistencia en temperaturas elevadas buena ductilidad entre otras cualidades que los hacen muy empleados en el sector industrial. [7]



Figura 6. Componentes metálicos (muelles, grapas, etc.)
Fuente. [8]

En este grupo existe una subdivisión en las que se encuentran las aleaciones y los metales no ferrosos estos presentan un alto contenido de hierro como (acero y hierro fundido) y las aleaciones y metales no ferrosos dentro del mismo se encuentran los metales no ferrosos que no contienen hierro o la cantidad que contienen de este elemento es muy reducida por ejemplo (aluminio, cobre, zinc, titanio, níquel, etc.) las aleaciones ferrosas y no ferrosas se generan debido a la fabricación y el uso que es relativamente alta de los aceros y hierros fundidos en comparación a la de las otras aleaciones. [7]

2.1.7 Necesidad de materiales modernos

El avance de la tecnología y el desarrollo de materiales se ha presentado con mucha frecuencia en los últimos años debido a los desafíos tecnológicos los mismos que requieren de elementos más sofisticados los cuales deben cumplir con cualidades idóneas para obtener los requerimientos energéticos, de resistencia y además ser amigables con el medio ambiente. El incremento de las fuentes de energía ha hecho que el empleo de materiales como células solares se incremente pero el elevado costo de los mismos hace que no se desarrolle en su totalidad, así también en el campo de la transportación se debería crear materiales que soporten altas temperaturas y además

que sean ligeros, los mismos serán empleados en la construcción de componentes de motores y medios de transporte que optimizaran el rendimiento del combustible. [6]

2.2 Aluminio

Las propiedades que este material y sus aleaciones presentan lo hacen uno de los materiales más empleados en la industria por su economía, versatilidad y lo fácil de encontrar en diversas presentaciones desde papel aluminio que se lo emplea en el hogar hasta aplicaciones de ingeniería que requieren de fuertes exigencias. En el ámbito del transporte el aluminio es muy empleado por su baja densidad que en comparación con el acero llega a tener una relación de 1 a 3, lo cual lo hace muy apetecido en la construcción de vehículos terrestres, marítimos, aeroespaciales, catalogándolo como el segundo material más usado con respecto a los demás aceros. Por sus cualidades el aluminio es uno de los materiales que se pueden reciclar en su totalidad y por varias ocasiones sin que las propiedades de este cambien logrando así obtener nuevos productos con características de alta calidad. [10]



Figura 7. Algunos tipos de productos de aluminio
Fuente. [11]

2.2.1 Características del aluminio

El aluminio tiene una densidad relativamente baja en comparación con otros materiales metálicos la misma es de 2700 kg/cm^3 , además es muy resistente al fenómeno de corrosión ya que al formar una fina capa de óxido el material se auto protege y evita daños significativos por este problema. Su punto límite de resistencia a la tracción oscila entre 160 y 200 MPa. en estado puro, de la misma forma presenta excelentes cualidades de conducción eléctrica y térmica, su punto de fusión es de $660 \text{ }^\circ\text{C}$ y llega al estado de ebullición a los $2467 \text{ }^\circ\text{C}$.

Son varias las cualidades que han llevado a sustituir materiales como el titanio y otros por el aluminio que es mucho más ligero y de mayor resistencia mecánica. Por su estructura cristalina tipo CCC (cubica centrada en las caras) y al no sufrir cambios alotrópicos posee una elevada plasticidad, aunque en base a la aleación que se realice las propiedades cambiarán según el material presente en este proceso. [12]

2.2.2 Aleaciones de aluminio

El término aleación se lo adjudica a un material que adquiere propiedades mecánicas por la unión de dos o más elementos de los cuales por lo menos uno debe ser un metal. Se conocen como aleaciones no ferrosas y en su mayoría están constituidas por un promedio de entre 90 y 96 % de aluminio completando el restante porcentaje por los demás elementos de aleación los mismos que deberán ser añadidos en base a las propiedades que se requiera obtener. [13]

2.2.3 Clasificación de las aleaciones de aluminio

En estado puro el aluminio tiene como características ser un metal suave, de peso ligero y poco resistente a la tracción. Por tal motivo se han venido desarrollando varios estudios con el fin de mejorar las propiedades de este material fusionándolo con otros metales que le permiten mejorar sustancialmente las cualidades del mismo, de esta forma se han conseguido aleaciones con el silicio, cromo, tungsteno, manganeso, níquel, zinc, cobre, magnesio, titanio, circonio, hierro, litio, estaño y boro. En la actualidad la asociación del aluminio de los Estados Unidos clasifica este tipo de aleaciones en base a la designación 1xxx hasta la 9xxx como se muestra a continuación.

Tabla 1. Clasificación de las aleaciones de aluminio.

Serie	Designación	Aleante principal	Aleante principal		Principales compuestos en la aleación
			CONFORMADAS #xxx	VACIADAS #xx.x	
1000	1xxx	99% al menos de aluminio	No aleadas	No aleadas	
2000	2xxx	Cobre (Cu)	Cu con manganeso	Cu con otros elementos	Al ₂ Cu - Al ₂ CuMg
3000	3xxx	Manganeso (Mn)	Mn	Si con Cu o Mg	Al ₆ Mn
4000	4xxx	Silicio (Si)	Si	Si	-
5000	5xxx	Magnesio (Mg)	Mg	Mg	Al ₃ Mg ₂
6000	6xxx	Magnesio (Mg) y Silicio (Si)	Mg y Si	Sin usar	Mg ₂ Si
7000	7xxx	Zinc (Zn)	Zn con Cu, Mg, Cr y Zr	Zn con Cu o Mg	MgZn ₂
8000	8xxx	Otros elementos	Con W, Li y otros misceláneos	W-	
9000	9xxx	Serie poco usual	Reservada para uso futuro	Sin usar	

Fuente. [12]

2.3 Magnesio

El material es uno de los más abundantes en el planeta tierra su aparición se logra por medio del químico escocés Joseph Black quien no logro aislar el magnesio años más tarde el científico británico Sir Humphrey Davy quien por medio de la descomposición por electrolisis logro extraer el elemento y obtener el magnesio puro para su posterior aplicación en varios aspectos. [14]

Con la aparición del magnesio el mismo se empleó tanto en la primera como en la segunda guerra mundial principalmente en la fabricación de aeronaves y armas nucleares aunque el mayor auge de la aplicación del metal aleado se ejecutó en la construcción de autos Volkswagen debido a la necesidad de reducir el peso de los

componentes del vehículo lo que también repercutiría en el ahorro de combustible y reducción de emisiones contaminantes. [14]

La producción de magnesio a nivel mundial se ha ido incrementando esto en virtud de la gran cantidad de aplicaciones en las que interviene el material ya sea en su estado puro o en combinación con otros materiales. [15]

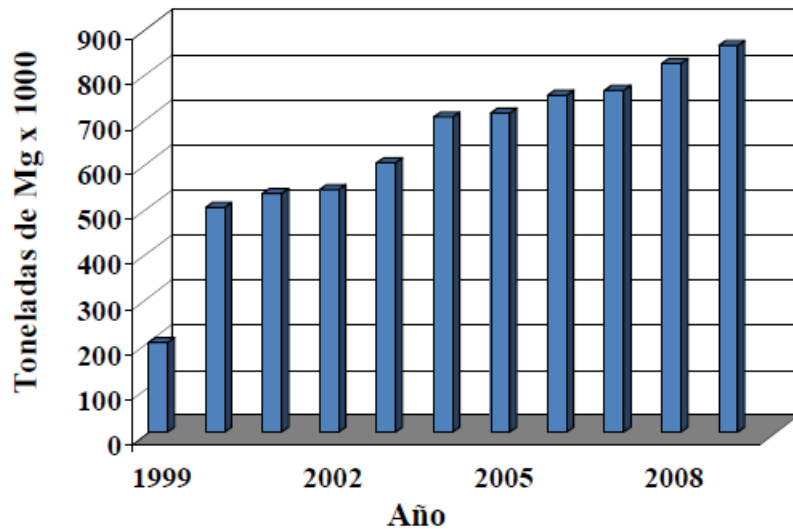


Figura 8. Producción mundial de magnesio
Fuente. [15]

2.3.1 Características del magnesio

En estado puro el magnesio posee una escasa resistencia mecánica y plástica esta última en consecuencia de su red hexagonal, tiene una densidad de $1,74 \text{ g/cm}^3$ una dureza Brinell de 35 un porcentaje de alargamiento de entre el 5 y el 8 %, el módulo de elasticidad que posee el material puro es de 44 Gpa, además tiene una resistencia a la tracción de 200 Mpa, y su punto de fusión es de $649 \text{ }^\circ\text{C}$ [15]

En si este material en su estado puro es únicamente implementado como ánodo de sacrificio no obstante debido a la baja densidad que posee el magnesio se combina con otros materiales al hacerlo el nuevo material es muy empleado en la industria aeroespacial, elaboración de partes de motores y equipos de manejo de materiales. [8]

2.3.2 Aleaciones aluminio magnesio

Este compuesto de materiales se destaca por brindar una excelente resistencia a la corrosión además de sus excelentes propiedades en el ámbito de soldadura, el porcentaje de Mg que posee la aleación es el que influye en la resistencia además que incide en la reducción de la ductilidad del material compuesto. En otro ámbito de sus características esta su bajo peso obteniendo incluso un gramaje menor que el aluminio puro. [16]

2.3.3 Tipos de aleaciones Al-Mg

Las aleaciones de aluminio magnesio se denominan por una serie la misma que se describe a continuación.

2.3.3.1 Serie 5XXX

En esta serie el principal elemento de aleación es el magnesio al ser empleado como elemento aleante el material obtenido es un elemento endurecido por acritud, su resistencia pasa de moderada a alta, además soporta la corrosión en ambientes salinos. [10]

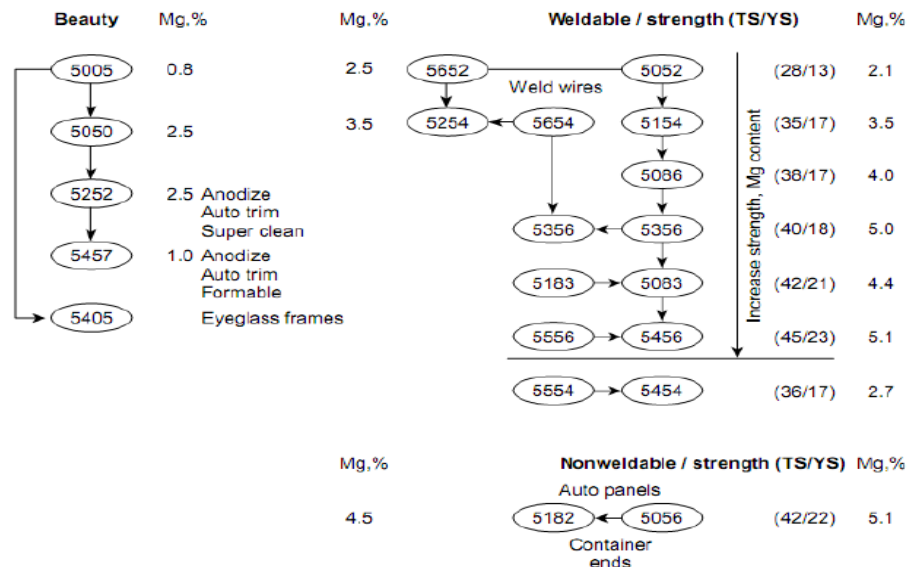


Figura 9. Composición de serie 5xxx y sus valores de resistencia a la tracción y tensión en ksi. Fuente. [10]

2.4 Pulvimetalurgia

Este proceso se trata de la obtención de elementos a partir de materiales en forma de polvo se conoce que el mismo se ha desarrollado desde las civilizaciones inca, egipcia entre otras pero su apogeo se dio en los años 60 en donde se produce la expansión de este método a nivel mundial. [17]

En un inicio la principal cualidad de este proceso se enfocaba en el bajo costo de la obtención de elementos en tanto que las propiedades del material no resultaban adecuadas dentro del marco de los requerimientos establecidos y en comparación a los obtenidos por otros métodos, pero se ha venido cambiando esto desde hace varios años lo que ha hecho que las propiedades mejoren siendo incluso utilizadas en procesos de construcción aeroespaciales.

El proceso consta de una etapa de compactación de polvo con lo que se consigue una forma establecida la misma que debe ser calentada hasta una temperatura menor a la de fusión la cual se denomina sinterizado. Durante este proceso las partículas pierden su identidad lo que hace que se obtenga un material continuo, en la actualidad existen procesos de pulvimetalurgia más complejos con etapas de prensado, compactado. [17]

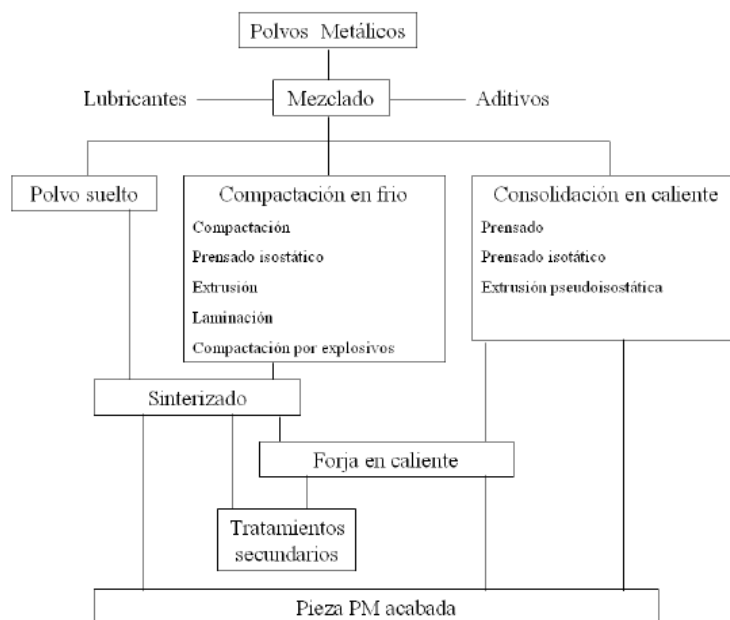


Figura 10. Esquema del proceso de pulvimetalurgia
Fuente. [17]

2.4.1 Procesado del polvo

En esta etapa se puede obtener partículas de elementos puros o polvo aleado para cualquiera de las dos opciones se emplean un molino el mismo que puede ser attritors, vibratorio de bolas, o rotatorio de bolas. [18]

2.4.1.1 Molino de bolas rotatorio

El proceso de aleado mecánico es simplemente la obtención de polvos compuestos con estructuras controladas y de extremada finura. Para esto se emplean molinos de alta energía. Los mismos pueden ser molinos rotatorios de bolas, la forma de trabajo de este molino consiste en depositar en un tambor el material a pulverizar conjuntamente con bolas de acero, al rotar el tambor con ayuda de un motor genera choque entre las esferas y el elemento del cual se quiere obtener polvo en tal virtud se genera desgaste, compresión y cortadura lo que produce el polvo metálico final. [18]

Este tipo de molinos permite procesar cantidades moderadas de polvo (pocos kilogramos), en tiempos no muy largos (horas), las bolas y el material se encuentra almacenada en un tambor. [17]

Durante las primeras etapas del transcurso de molienda las partículas de polvo son blandas y dúctiles de tal forma que, al ser compactadas por las bolas tienden a soldarse formando partículas de polvo con estructura de capas, durante esta etapa suele aumentar el tamaño de las partículas. A medida que avanza el proceso, debido a la gran cantidad de energía introducida en forma de deformación plástica, las partículas se endurecen y fragilizan. [17]

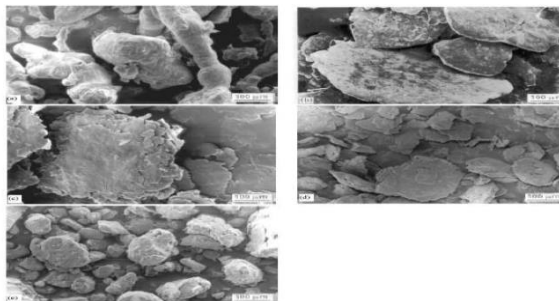


Figura 11. Micrografía en base al tiempo de molienda.
Fuente. [17]

2.4.2 Dosificación y mezcla

Los polvos metálicos deben ser combinados en base a los porcentajes establecidos para obtener las propiedades requeridas para el material resultante, para lograr una mezcla homogénea de los elementos es necesario combinar partículas de tamaños y combinaciones diferentes, adicionalmente se puede incorporar aditivos que actúen en forma de lubricante durante el proceso de compactado o aglutinante los mismos que actúan incrementando la resistencia del compactado el tiempo de mezcla de los polvos puede variar en función de la calidad y resultados esperados. [19]

2.4.3 Compactado

Es el proceso más importante dentro del campo de la pulvimetalurgia, en este paso se introduce la mezcla en un molde de acero o carburo rígido y se compacta bajo presión hasta obtener una pieza del tamaño y la forma requerida, en su mayoría este proceso se lo ejecuta en frío, sin embargo en muchos de los casos se emplea el compactado en caliente el cual brinda mayor exactitud en la pieza. El fin del proceso es unir las partículas y generar enlaces entre los átomos incrementando la densidad de la mezcla. [19]

2.4.4 Sinterizado

Es la etapa final del proceso de metalurgia de polvos es aquí en donde la pieza obtenida logra sus propiedades finales, para el desarrollo de este paso el producto del compactado es introducido a un horno con una temperatura no mayor al punto de fundición del material base, con esto se logra la difusión atómica del material y la unión de los polvos y se fortalece los enlaces metalúrgicos. Generalmente se emplean hornos eléctricos pero de ser necesarias altas temperaturas se puede emplear otro tipo de hornos. [19]

2.5 Propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas de los materiales se obtienen mediante ensayos de laboratorio en donde se recrea las condiciones de servicio a las cuales estarán expuestos los materiales. Muchas de las características se encuentran en base a deformaciones por acción de fuerzas que actúan en contra de los elementos ensayados, el conocimiento de la relación entre las propiedades mecánicas y la microestructura de los mismos ya que de esto dependerá el soporte que brinda el material en su vida útil, algunas de las propiedades más significativas son: la resistencia, dureza, ductilidad y rigidez. [20]

2.5.1 Ensayo de tracción

Para el desarrollo de este tipo de ensayo (esfuerzo-deformación) se emplea la norma ASTM E-8 la misma que especifica el tipo de probeta a emplear, y en ensayo consiste en ir aumentando la fuerza de forma gradual hasta conseguir la rotura de la probeta. En general la norma establece el empleo de una probeta circular, no obstante también se emplean probetas rectangulares. [20]



Figura 12. Equipo para ensayo de tracción.
Fuente. [21]

2.5.2 Ensayos de dureza

En general se define como dureza a la resistencia a la deformación de un sólido la misma que viene dada por un ensayo en donde se mide la profundidad o tamaño de la huella resultante con un numero de dureza, si el material es blando mayor será el tamaño de la huella y menor el número de dureza. [20]

2.5.2.1 Dureza Brinell (HB)

La principal característica de este ensayo se enfoca en la forma que produce la huella mediante una bola de acero extra duró, la cual está sujeta a una fuerza con el fin de que se forme una huella en el material.

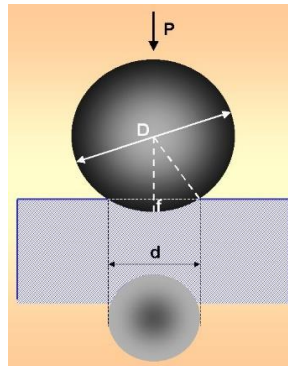


Figura 13. Ensayo Brinell.
Fuente. [21]

Del que se requieren los siguientes detalles **D** que es el diámetro de la bola, **P** la carga aplicada y **d** el diámetro de la huella, y la dureza se obtiene en base a la siguiente formula. [20]

$$H = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

P = carga aplicada (Kg)

D = diámetro del penetrador. (mm)

d = diámetro de la impresión o indentación (mm)

2.5.2.2 Dureza Rockwell (HR)

Se emplea como penetrador, según las necesidades, una bola de acero o un cono el cual tiene un ángulo de vértice 120° con una esfera en su extremo de 0,2 mm de diámetro, en este ensayo no se dimensiona la superficie de la huella sino su profundidad. [20]

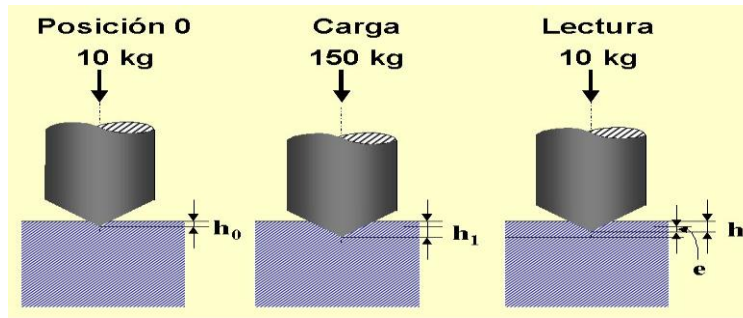


Figura 14. *Ensayo de dureza Rockwell (HR).*
Fuente. [20]

2.5.3 Ensayo de impacto

A menudo se emplea este estudio para evaluar la fragilidad del material. Para realizar el análisis de impacto se emplea la máquina de ensayo Charpy, el cual consta de un péndulo que tiene una maza en el extremo de su brazo, al desplazarse alrededor del punto de apoyo B transfiere la energía de impacto a la pieza. En este punto se desarrolla la máxima fuerza de trabajo la que se determina por el peso de la masa y la altura de caída medida de forma vertical, la fuerza se expresa en lb*pie o en joule (J). [22]

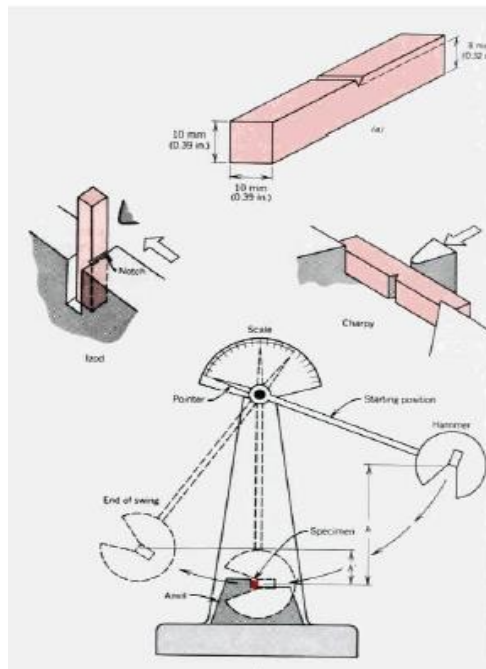


Figura 15. *Ensayo de impacto Charpy.*
Fuente. [22]

2.5.4 Análisis estadístico (análisis de varianza)

El método de análisis de varianza es un proceso estadístico muy empleado en el análisis de varias columnas de datos con el fin de encontrar una diferencia significativa que nos permita demostrar que una de las mismas tiene un valor mayor a las demás. En los datos establecidos para el análisis existen dos fuentes de variación uno de estos es el error aleatorio en la medida y el otro es el factor controlado. Para lo cual se detallan dos hipótesis: [23]

- Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$
- Hipótesis alternativa $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$

2.5.5 Verificación de hipótesis básicas

La validación de un análisis estadístico de varianzas debe cumplir de las hipótesis básicas ya que de no cumplir con los mismos se puede incurrir en un error.

2.5.5.1 Normalidad

Uno de los requerimientos con los cuales debe contar este tipo de análisis estadístico es el de normalidad el mismo que emplear el contraste de Kolmogorov- smirnov- Lilliefors. Además de los métodos antes mencionados se puede utilizar gráficos o diagramas de barras para visualizar la distribución resultante del análisis de normalidad. [24]

2.5.5.2 Igualdad de varianzas

Al igual que en el test de normalidad se debe emplear uno de los distintos métodos existentes para la determinación de la igualdad de varianzas lo que nos permitirá aceptar o rechazar una de las hipótesis planteadas para demostrar que si es factible ejecutar el estudio de varianza para determinar un valor significativo de desigualdad.

2.6 HIPÓTESIS

EL ESTUDIO DE LA ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDA MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA PERMITIRÁ DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS BÁSICAS DEL MATERIAL COMPUESTO.

2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

ALEACIÓN ALUMINIO 1060 CON MAGNESIO OBTENIDA MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA.

2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

PROPIEDADES MECÁNICAS (RESISTENCIA ÚLTIMA A LA TRACCIÓN, LÍMITE DE FLUENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL IMPACTO)

2.7.3 TERMINO DE RELACIÓN

ESTUDIO.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Nivel o tipo de investigación

3.1.1. Exploratorio

El nivel de investigación seleccionado en el presente proyecto es de tipo exploratorio mediante el cual nos permitirá determinar la fracción porcentual y la composición del material aleado, para de esta forma obtener las propiedades mecánicas básicas del nuevo material y así conocer las aplicaciones que se le pueden dar al mismo en torno a sus características.

3.1.2. Descriptiva

El desarrollo del trabajo experimental tiene un nivel de investigación descriptiva, en virtud de que es necesario detallar el proceso de obtención del material, así como los pasos a seguir para encontrar las propiedades mecánicas en base a ensayos de dureza, tracción, e impacto que se deben realizar para la determinación de cada una de las propiedades requeridas.

3.1.3. Explicativa

El estudio elaborado tiene un nivel explicativo, ya que con la obtención de los resultados se podrá exponer los beneficios y riesgos que presenta la utilización del material aleado, así como las fuerzas que es capaz de resistir en base a los resultados obtenidos de la elaboración de los ensayos.

3.1.4. Experimental

La investigación desarrollada es de modalidad experimental ya que los resultados obtenidos posteriores a la ejecución de los ensayos nos permitirán organizar una pauta para analizar una posterior aplicación en la industria

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Para el desarrollo de la investigación se tiene como población un número determinado de probetas de la aleación aluminio 1060 con magnesio obtenidos mediante el proceso de pulvimetalurgia y sinterizado tal como se propone en este trabajo experimental, se emplearan tres fracciones porcentuales (Al 97,5 – Mg 2,5), (Al 95 – Mg 5) y (Al 92,5 – Mg 7,5) para el mismo se debe efectuar los ensayos mecánicos (dureza, impacto, tracción) los mismos que serán regidos en base a las normas ASTM

3.2.2. Muestra

Para la ejecución del trabajo experimental, la muestra considerada para la realización de los ensayos se consideró un número mínimo de cinco probetas por cada una de las fracciones porcentuales estudiadas, además de tomar en cuenta dos probetas adicionales con el fin de reemplazar alguna de las existentes en el caso de que presentar anomalías. Todo el proceso se ejecutó bajo las normas ASTM las mismas que rigen cada uno de los tipos de ensayos a ejecutar, para en ensayo de tracción se empleó la norma ASTM E8-00b la cual especifica que se deben emplear como mínimo 5 probetas para ensayar, para el ensayo de dureza se empleó la norma ASTM E10-01 dentro de la misma se especifica que se deben ejecutar 15 mediciones para cada una de las fracciones porcentuales estudiadas y para el desarrollo del ensayo de impacto se empleó la norma ASTM E23-01 dentro de la cual no se especifica un número determinado de probetas para el ensayo no obstante se empleó un número de probetas igual al ensayo de tracción 5, para finalmente establecer la combinación idónea que proporcione las propiedades con valores aceptables.

Tabla 2. Especificaciones de muestra.

Ensayo	Tracción	Dureza	Impacto
Norma	ASTM E8	ASTM E10	ASTM E23
N° De Probetas	5	15	5

Fuente. Autor.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable independiente

Aleación aluminio 1060 con magnesio obtenida mediante el proceso de pulvimetalurgia

Tabla 3. Variable independiente.

Contextualización	Categorización	Indicadores	Ítems		Técnicas e Instrumentos
El método de aleación es la combinación de dos o más materiales metálicos los mismos que deben ser mezclados en proporciones adecuadas en base a los requerimientos establecidos, con el fin de obtener las propiedades y características necesarias para un buen desempeño.	Aleación de polvos	Fracción porcentual	97.5%	2.5%	Investigación bibliográfica Investigación de campo Observación directa
			95%	5%	
			92.5%	7.5%	
		Tipo de mezcla	Mezcla simple de polvos		Registro de datos Cuaderno de notas
Tiempo de mezcla	20 min		Normas ASTM Tracción ASTM E8-00b Dureza ASTM E10-01 Impacto ASTM E23-01		

Fuente. Autor

3.3.2 variable dependiente

Propiedades mecánicas básicas

Tabla 4. Variable dependiente.

Contextualización	Categorización	Indicadores	Índices	Técnicas e Instrumentos
Las propiedades mecánicas de los materiales son características propias del mismo, las cuales se manifiestan al someter al elemento a una fuerza externa, regulada en base a normas y parámetros de ensayo correspondientes a cada una de las propiedades del material.	Tracción	Resistencia a la tracción	¿Cuál será la resistencia a la tracción?	Investigación bibliográfica
	Límite de fluencia	Módulo de elasticidad	¿Cuál será el módulo de elasticidad?	Investigación de campo
	Dureza	Deformación permanente en la superficie	Dureza Brinell	Observación directa
	Impacto	Resistencia al impacto	Energía de impacto (E=hwf)[J]	Registro de datos
				Cuaderno de notas

Fuente. Autor

3.4 Plan de recolección de datos

La recolección de datos se desarrolló mediante la técnica de observación directa, en esta ocasión se impuso la modalidad de observación de campo, laboratorio y experimental por el entorno dentro del cual se desarrolló esta investigación.

Se empleó material bibliográfico tal como libros, catálogos, artículos de revista, etc. Los que fueron de gran ayuda para la ejecución de los ensayos.

Se tomó nota de los resultados encontrados en los ensayos para crear una base de datos con la información suficiente, para el desarrollo del mismo se empleó un cuaderno en el cual se apuntaron los datos cuantitativos y parámetros de ensayo.

Finalmente se desarrollaron graficas de barras en las cuales se presentan los valores obtenidos por cada una de las probetas ensayadas.

3.5 Plan de procesamiento y análisis

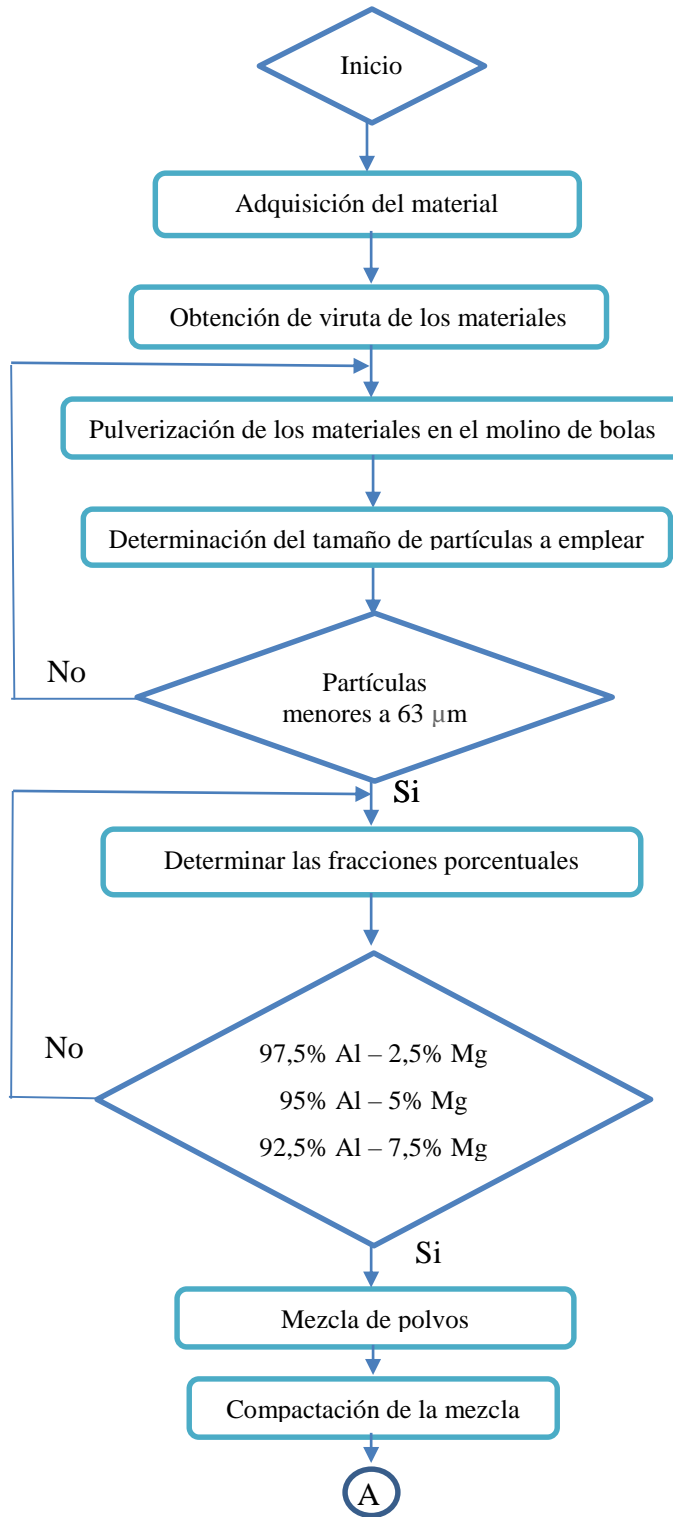
3.5.1 Plan de procesamiento

Para el plan de procesamiento ejecutado en el presente trabajo experimental se presenta a continuación un diagrama de flujo de todas y cada una de las actividades ejecutadas en el transcurso del desarrollo de la investigación el mismo se presenta en el numeral 3.6.

3.5.2. Plan de análisis e interpretación de resultados

Al culminar los trabajos de laboratorio cumpliendo con los respectivos ensayos, tracción, dureza e impacto. De todas y cada una de las probetas y una vez obtenidos los resultados finales, procedemos a ejecutar el análisis e interpretación de datos con la ayuda del método estadístico ANOVA con la finalidad de conocer la fracción porcentual con los mejores resultados permitiéndonos así comprobar la hipótesis y para establecer conclusiones y recomendaciones del trabajo experimental.

3.6 Determinación del proceso de obtención de las probetas experimentales



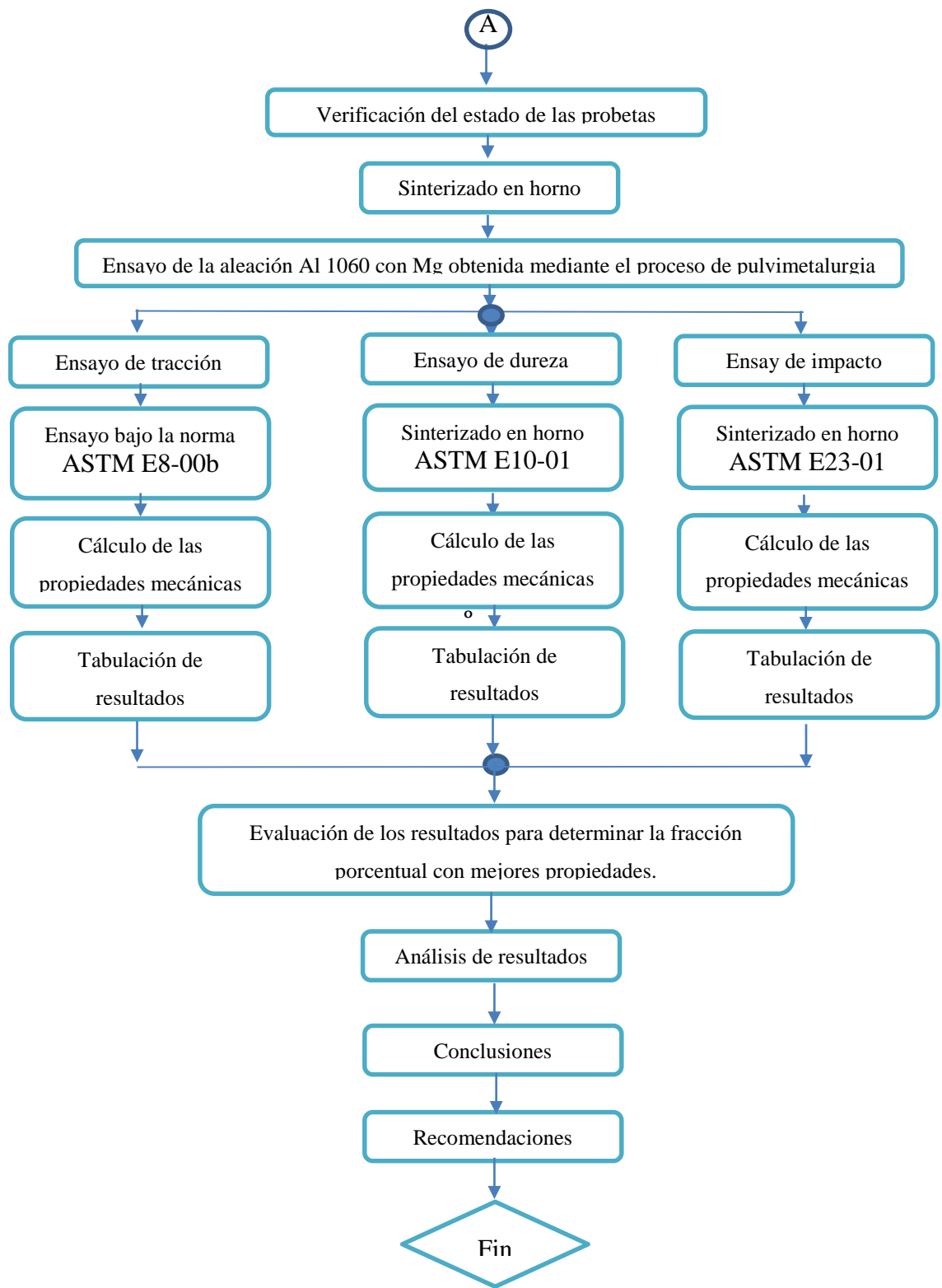


Figura 16. Diagrama de flujo del trabajo experimental.
Fuente. Autor

3.6.1. Obtención de la materiales

3.6.1.1. Obtención del aluminio 1060 y magnesio

Los materiales empleados en el desarrollo del trabajo experimental son el magnesio (Mg), el mismo fue adquirido a la empresa GUILLERDOLF S. A. la empresa mencionada se dedica a la elaboración e instalación de sistemas de protección en contra de la corrosión, en este caso el material comprado se consiguió en forma de eje. El aluminio se obtuvo de los cables de conducción eléctrica los que vienen en forma de alambre los mismos que fueron sometidos a un proceso de fundición con el fin de obtener el material en forma de bloque.



Figura 17. Cable de aluminio.
Fuente. Autor



Figura 18. Eje de Magnesio.
Fuente. Autor

3.6.2. Obtención de la viruta de los materiales a alear

Para obtener la viruta de los materiales empleados en el desarrollo del trabajo experimental se emplearon dos procesos de maquinado en el primer caso se empleó un centro de mecanizado con el fin de desbastar el bloque de aluminio previamente conformado con el proceso de fundición de los filamentos de conducción eléctrica, no

obstante para la obtención del material a pulverizar del magnesio se empleó un torno en el mismo que se procedió a maquinarse los ejes obteniendo así partículas de medida aceptable para su inserción en el cilindro de molienda.



Figura 19. Virutas de los materiales
Fuente. Autor

3.6.3. Proceso de molienda de los materiales de aleación

En este proceso se toma la viruta recolectada de los procesos de maquinado para colocarlos en el tambor del molino de bolas tomando en cuenta el tiempo de molienda estimado para cada material a procesar, además de no exceder el límite de peso del elemento en base a los parámetros de trabajo del mismo los cuales están descritos en el documento de titulación del constructor del equipo. En este caso se trabajó con un peso nominal de 2 kg de viruta de aluminio, y 0,750 kg de magnesio en dos etapas diferentes ya que el primero debió permanecer en el molino durante un largo periodo de trabajo en tanto que el magnesio únicamente se lo procesó por el transcurso de 2 horas y 30 minutos.



Figura 20. Molino de bolas
Fuente. Autor

3.6.4. Tamización del polvo de aluminio y magnesio

Para este proceso se emplearon los tamices existentes en los laboratorios de la facultad, los cuales nos permiten separar las partículas de polvo en base a su tamaño el mismo que nos brinda el grosor idóneo para este tipo de trabajo experimental. En este caso se empleó un grupo de 4 tamices los que oscilan en su tamaño desde 245 μm hasta los 63 μm que es el tamaño adecuado para desarrollar el trabajo, una vez obtenido el peso necesario para la ejecución de las probetas necesarias se dio por finalizada esta etapa, teniendo en cuenta un porcentaje de pérdidas de material.



Figura 21. *Proceso de tamizado.*
Fuente. Autor



Figura 22. *Producto final del tamizado*
Fuente. Autor

3.6.5. Selección de probetas

El desarrollo de pruebas de la aleación se debe ejecutar en base a normas establecidas para el tipo de ensayo a ejecutar es así que para el estudio de tracción se empleara la norma ASTM E8-00b, para el ensayo de dureza se empleara la norma ASTM E10-01 y para el análisis de impacto se establece la norma ASTM E23-01 las mismas que a continuación se describen.

Norma ASTM E8-00b

Para el análisis de probetas a tracción, de elementos conformados por polvos metálicos la norma especifica la siguiente probeta la misma que debe tener las dimensiones especificadas a continuación.

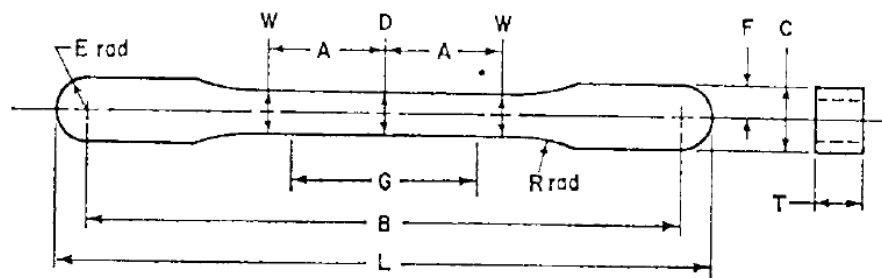


Figura 23. Probeta para ensayo de tracción.
Fuente. [25]

En donde:

- G - Longitud de calibre. = 25.4 ± 0.8
- D - Ancho en el centro = 5.72 ± 0.03
- W - Ancho al final de la sección reducida = 5.97 ± 0.03
- T - grosor de compactación 3.56 ± 6.35
- R - Radio del filete 25.4
- A - Media longitud de la sección reducida 15.88
- B - Longitud de agarre 80.95 ± 0.03
- L - Longitud total 89.64 ± 0.03
- C - Ancho de la sección de agarre 8.71 ± 0.03

- F – Ancho medio de la sección de agarre 4.34 ± 0.03
- E – Radio final 4.34 ± 0.03

ASTM E10-01

Para el análisis de dureza, de elementos conformados por polvos metálicos la norma no especifica dimensiones específicas de la probeta la misma debe tener una base plana que le permita posicionarse de manera adecuada para la ejecución del ensayo a continuación se presenta la forma de la probeta empleada en el ensayo de dureza.

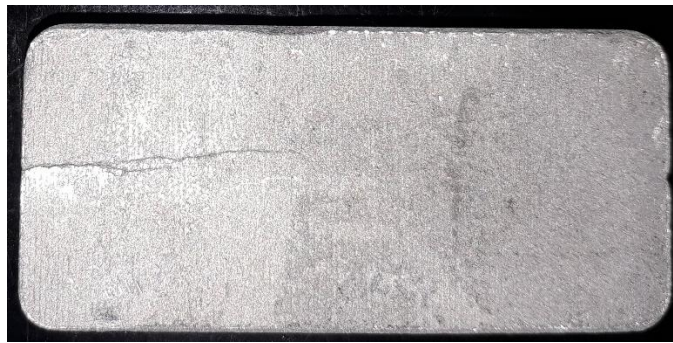


Figura 24. *Probeta para ensayo de dureza.*
Fuente. Autor

La misma que tiene las siguientes dimensiones longitud 57mm ancho 25mm y espesor de 10mm.

ASTM E23-01

Para el análisis de probetas sometidas a impacto, de elementos conformados por polvos metálicos la norma especifica la siguiente probeta la misma que debe tener las dimensiones especificadas a continuación.

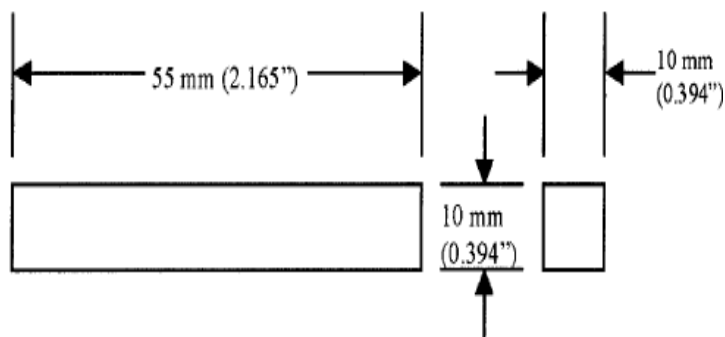


Figura 25. *Probetas para ensayo de impacto*
Fuente. [25]

3.6.6. Desarrollo de fracciones porcentuales

Para el desarrollo de las fracciones porcentuales se tomó en cuenta las combinaciones existentes las mismas que emplean desde un 0,2 % hasta un 5,7 % de magnesio en tal virtud se tomó la decisión de establecer 3 fracciones porcentuales las mismas que se denominaran (Y1, Y2, Y3). Estas tomarán valores de 2,5%, 5% y 7,5% de magnesio respectivamente en porcentaje de peso.

- 97.5 % de aluminio 1060 y 2.5 % de magnesio
- 95 % de aluminio 1060 y 5 % de magnesio
- 92.5 % de aluminio 1060 y 7.5 % de magnesio

En base a los datos requeridos se obtiene el peso exacto de cada material para la formación de la aleación tomando en cuenta que las probetas para ensayo de tracción tienen un peso de 6 gr en tanto que las probetas para ensayo de dureza tienen un peso de 45 gr al igual que las probetas para ensayo de impacto.

3.6.6.1. Cálculos de la fracción porcentual para ensayo de impacto

Peso de magnesio para las probetas de tracción fracción Y1

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg1 \rightarrow 2.5\%$$

$$Mg1 = \frac{6 * 2.5}{100}$$

$$Mg1 = 0.15 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de tracción fracción Y1

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al1 \rightarrow 97.5\%$$

$$Al1 = \frac{6 * 97.5}{100}$$

$$Al1 = 5.85 \text{ gr}$$

Peso de magnesio para las probetas de tracción fracción Y2

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg2 \rightarrow 5\%$$

$$Mg2 = \frac{6 * 5}{100}$$

$$Mg2 = 0.30 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de tracción fracción Y2

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al2 \rightarrow 95\%$$

$$Al2 = \frac{6 * 95}{100}$$

$$Al2 = 5.7 \text{ gr}$$

Peso de magnesio para las probetas de tracción fracción Y3

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg3 \rightarrow 7.5\%$$

$$Mg3 = \frac{6 * 7.5}{100}$$

$$Mg3 = 0.45 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de tracción fracción Y3

$$6 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al3 \rightarrow 92.5\%$$

$$Al3 = \frac{6 * 92.5}{100}$$

$$Al3 = 5.55 \text{ gr}$$

3.6.6.2. Cálculos de la fracción porcentual para ensayos de dureza e impacto

Peso de magnesio para las probetas de dureza e impacto fracción Y1

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg4 \rightarrow 2.5\%$$

$$Mg4 = \frac{45 * 2.5}{100}$$

$$Mg4 = 1.125 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de dureza e impacto fracción Y1

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al4 \rightarrow 97.5\%$$

$$Al4 = \frac{45 * 97.5}{100}$$

$$Al4 = 43.875 \text{ gr}$$

Peso de magnesio para las probetas de dureza e impacto fracción Y2

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg5 \rightarrow 5\%$$

$$Mg5 = \frac{45 * 5}{100}$$

$$Mg5 = 2.25 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de dureza e impacto fracción Y2

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al5 \rightarrow 95\%$$

$$Al5 = \frac{45 * 95}{100}$$

$$Al5 = 42.75 \text{ gr}$$

Peso de magnesio para las probetas de dureza e impacto fracción Y3

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Mg6 \rightarrow 7.5\%$$

$$Mg6 = \frac{45 * 7.5}{100}$$

$$Mg6 = 3.375 \text{ gr}$$

Peso de aluminio para las probetas de dureza e impacto fracción Y3

$$45 \text{ gr} \rightarrow 100\%$$

$$Al6 \rightarrow 92.5\%$$

$$Al6 = \frac{45 * 92.5}{100}$$

$$Al6 = 41.625 \text{ gr}$$

Para todos los cálculos realizados se tomó en cuenta un valor por pérdidas, el mismo se tomó en relación a la práctica de compactación el mismo se considera un 5 % del peso de cada una de las fracciones establecidas.




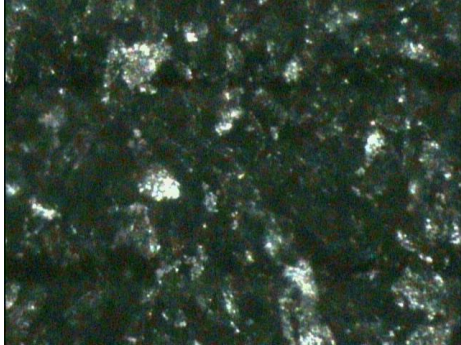
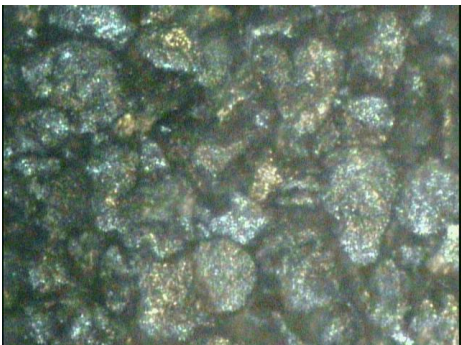
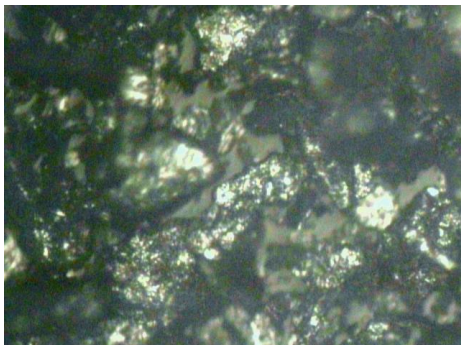
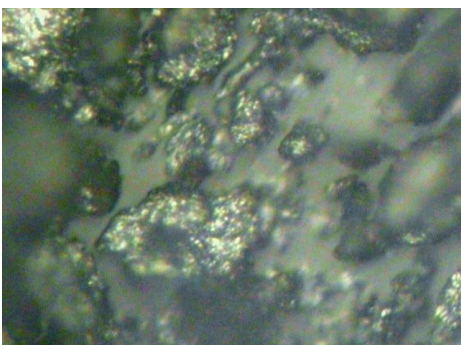
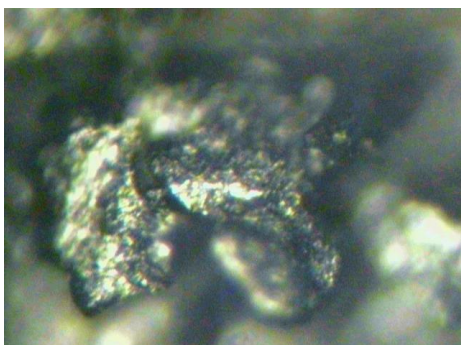
Figura 26. *Peso de fracciones porcentuales*

Fuente. Autor

3.6.7. Configuración de las partículas de polvo

Luego del desarrollo del proceso de molienda y de la tamización de los materiales se obtuvieron partículas de diversas formas las mismas que influyen directamente en el proceso de compactación, a continuación se presentan las respectivas gráficas de las formas de las partículas obtenidas.

Tabla 5. Diferentes tamaños y formas de las partículas de polvos.

Partículas de aluminio.	Partículas de magnesio.
 <p data-bbox="483 978 659 1010">Tamaño 40 X</p>	 <p data-bbox="1024 978 1200 1010">Tamaño 40. X</p>
 <p data-bbox="472 1381 675 1413">Tamaño 100. X</p>	 <p data-bbox="1013 1381 1216 1413">Tamaño 100. X</p>
 <p data-bbox="472 1785 675 1816">Tamaño 200. X</p>	 <p data-bbox="1013 1785 1216 1816">Tamaño 200. X</p>

Fuente. Autor

3.6.8. Mezcla de polvos

La combinación de polvos por método simple se ejecutó en una mezcladora de polvos en V la cual se encuentra en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. El tiempo de funcionamiento de la máquina para este proceso fue de 20 minutos, se elaboraron tres procesos de mezcla en virtud de cada una de las fracciones establecidas para el desarrollo del trabajo experimental.



Figura 27. *Proceso de mezcla de polvos*
Fuente. Autor

3.6.9. Elaboración de las probetas por proceso de compactación

Una vez estipulados los valores exactos en peso de cada uno de los elementos empleados en el estudio se procederá a compactar para proseguir con el proceso de elaboración de las probetas.

El proceso seguido para la elaboración de las probetas es el siguiente.



Figura 28. *Proceso de compactación en la prensa universal*
Fuente. Autor

3.6.9.1. Preparación del molde

En primera instancia se procede a la preparación y limpieza del molde con el objetivo de eliminar cualquier partícula que afecte la aleación y el correcto funcionamiento del mismo.



Figura 29. *Molde para prensado de probetas.*
Fuente. Autor

A continuación se debe armar el molde que consta de cuatro partes las mismas que deben ser correctamente ensambladas, la sujeción de las mismas se ejecuta por medio de pernos los cuales permiten el correcto armado del molde.



Figura 30. *Molde para prensado de probetas.*
Fuente. Autor

3.6.9.2. Preparación del material

Luego de la combinación de polvos se debe establecer los pesos obtenidos en los cálculos para la elaboración de cada una de las probetas.

A continuación se vertió el polvo cuidadosamente en la cavidad del molde con el fin de llenar la misma para proceder a ubicar la matriz de empuje, la misma que será encargada de soportar la fuerza aplicada por la prensa de compactación.

3.6.9.3. Compactación del material combinado

Para este proceso se empleó la máquina universal existente en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Civil la misma que provee la fuerza necesaria para ejecutar el proceso con el fin de obtener una pieza uniforme que sea útil para el proceso de análisis de las propiedades mecánicas.

3.6.9.4. Desmolde de las probetas

Luego de aplicar la fuerza de compactación se retiró el molde cuidadosamente para proceder a desmoldar la probeta tomando en cuenta los cuidados necesarios para no destruir el producto obtenido.

Como proceso siguiente de esta etapa se procede a la etapa de inspección dentro de la misma se verifica el estado de cada una de las probetas con el fin de encontrar detalles que pueden provocar interferencias en los análisis ejecutados, las mismas pueden ser mordeduras, fisuras, poros, entre otros.



Figura 31. *Revisión de las probetas*
Fuente. Autor

Por otra parte se deben verificar las dimensiones (largo, ancho, espesor) de las probetas obtenidas empleando el calibrador y otros instrumentos de medición.

3.6.10. Sinterizado de probetas

Para el proceso de sinterizado se empleó uno de los hornos existentes en los laboratorios en el mismo se mantuvieron las probetas durante un tiempo estimado de 3 horas desde que el horno alcanza la temperatura establecida la cual asciende a 660 °C.

Luego de que las probetas permanezcan por el tiempo establecido dentro del horno se procede a extraer las mismas con el fin de que se enfríen a temperatura ambiente. Finalmente se realizó la limpieza de las probetas para eliminar rebabas y otros elementos que pueden quedar presentes en las probetas luego del proceso de sinterizado.



Figura 32. *Proceso de sinterizado.*
Fuente. Autor

3.6.11. Determinación de las propiedades mecánicas

Los ensayos para determinar las propiedades mecánicas del material obtenido, tanto el de tracción, dureza e impacto se ejecutaron con ayuda de las normas establecidas anteriormente para el desarrollo de los mismos se empleó los laboratorios tanto de la Facultad como el del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero el cual se encuentra localizado en el cantón Ambato.

3.6.11.1. Ensayo de tracción

El ensayo de tracción se ejecutó en el centro de fomento basándonos en la norma ASTM E8-00 con ayuda de la máquina universal de ensayos electromecánicos. En donde las probetas son fijadas en las muelas de sujeción y se sometieron a fuerza de tracción la misma que fractura la probeta brindándonos los valores para la elaboración de los estudios.



Figura 33. *Equipo para ensayo de tracción.*
Fuente. [21]

3.6.11.2. Ensayo de dureza

Para los ensayos de dureza e impacto se emplearon las máquinas existentes dentro de los laboratorios, aquí se emplearon los equipos para medición de dureza en base a la norma ASTM E10-01 la misma que regula las cargas aplicadas y los tamaños de esferas empleados en el análisis. Aquí se obtiene una huella la misma que debe ser dimensionada con el fin de aplicar la medida en la fórmula para obtención de dureza del material.



Figura 34. *Equipo para medición de dureza.*
Fuente. Autor

3.6.11.1. Ensayo de Impacto

La ejecución de este ensayo se la llevó acabo en los laboratorios de la facultad allí se empleó el equipo de ensayo CHARPY en el cual se aplica la norma ASTM E23-01. La prueba consiste en ubicar la probeta en la zona de impacto para en lo posterior dejar libre el péndulo que efectuara la acción de golpe contra la probeta midiendo la fuerza que el elemento es capaz de soportar.



Figura 35. *Equipo para ensayo de impacto.*
Fuente. Autor

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Recolección de datos

4.1.1. Tabulación de resultados de los ensayos de dureza

Al culminar con la realización de los ensayos de dureza en base a la norma ASTM E10-01 y en base a las respectivas fracciones porcentuales presentadas se exponen las fichas de recolección de datos con los resultados obtenidos respecto al ensayo ejecutado en los laboratorios de la facultad.

Denominación de las probetas (DY1A, DY2A, DY3A)

Donde



D: Dureza

Y: Literal de denominación

1: Grupo de fracción porcentual (1: 2,5 % de Mg, 2: 5 % de Mg, 3: 7,5% Mg)

A: Indicador del número de ensayo (A: 1, B: 2, C: 3, D: 4, etc.)

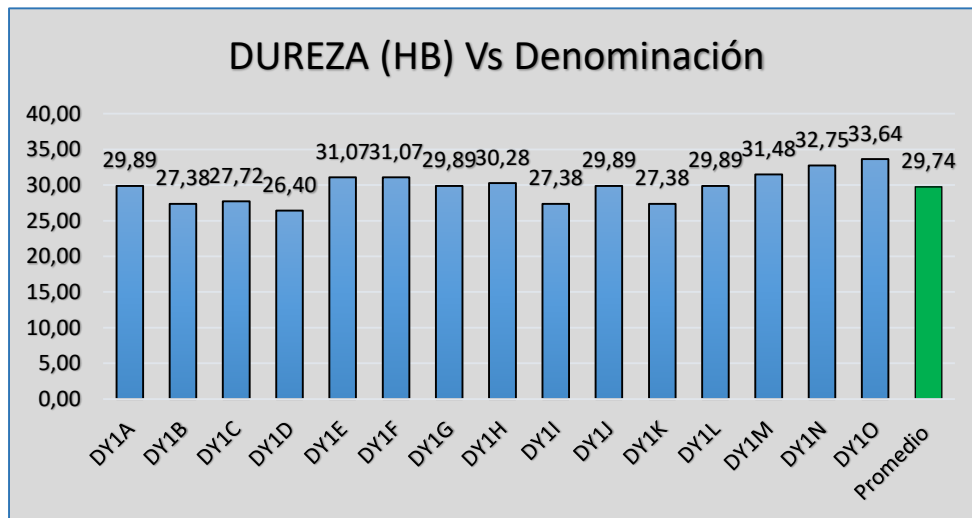
Tabla 6. Recolección de datos del ensayo de dureza

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA	
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	Denominación: DY1A – DY10	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)		
ENSAYO DE DUREZA BRINELL (HB) NORMA ASTM E10-01		

Lugar:	Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica			
Máquina:	Hardness Tester model HBRV-187,5			
Fecha:	08/Nov/2017	Ciudad:	Ambato	
Responsable:	Sr. Diego Carrera	Revisado por:	Ing. Gonzalo López	
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.				
Material Principal:	Aluminio 1060	Material Secundario:	Magnesio	
Fracción porcentual:	97.5%	Fracción porcentual:	2.5%	
DETALLES DEL ENSAYO				
Forma del grano:	Mixtas	Tamaño del grano:	45 um a 63 um	
Presión de compresión:	270 Mpa	Temperatura de sinterizado:	660°C	
Diámetro de la esfera:	5 mm	Espesor de la probeta:	5mm	
Distancia al borde de la probeta.	2 mm	Distancia entre mediciones	2 mm	
Fuerza aplicada	612,9 N	Fórmula dureza BRINELL (HB)	$= 0,102 * \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ HB}$	
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE DUREZA				
Denominación	Diámetro de la huella (mm)	Carga aplicada (N)	Dureza Calculada (HB)	Error
DY1A	1,61	612,9	29,89	0,150
DY1B	1,68	612,9	27,38	2,357
DY1C	1,67	612,9	27,72	2,018
DY1D	1,71	612,9	26,40	3,339
DY1E	1,58	612,9	31,07	1,328
DY1F	1,58	612,9	31,07	1,328
DY1G	1,61	612,9	29,89	0,150
DY1H	1,60	612,9	30,28	0,535
DY1I	1,68	612,9	27,38	2,357
DY1J	1,61	612,9	29,89	0,150
DY1K	1,68	612,9	27,38	2,357

DY1L	1,61	612,9	29,89	0,150
DY1M	1,57	612,9	31,48	1,735
DY1N	1,54	612,9	32,75	3,007
DY1O	1,54	612,9	33,64	3,896
PROMEDIO	1,616	612,9	29,74	1,657

GRÁFICAS DE LA DUREZA (HB)



INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Los valores obtenidos en el ensayo de dureza ejecutado en las probetas del grupo Y1 presentan valores relativamente uniformes. Las huellas que presentaron mejores resultados en cuanto a dureza se refiere son las que poseen denominación (DY1O y DY1N). Las huellas con mas profundidad y por ende que resultaron con un menor valor de dureza son las 	<ul style="list-style-type: none"> El valor promedio de dureza en base al diametro dejado por la esfera en el material ensayado es de 29,74 BRINELL (HB). El porcentaje de error obtenido en el desarrollo del ensayo promedia un 1,65 % lo cual nos indica que el mismo es aceptable ya que en base a las especificaciones de la norma ASTM E 10 para dureza brinell

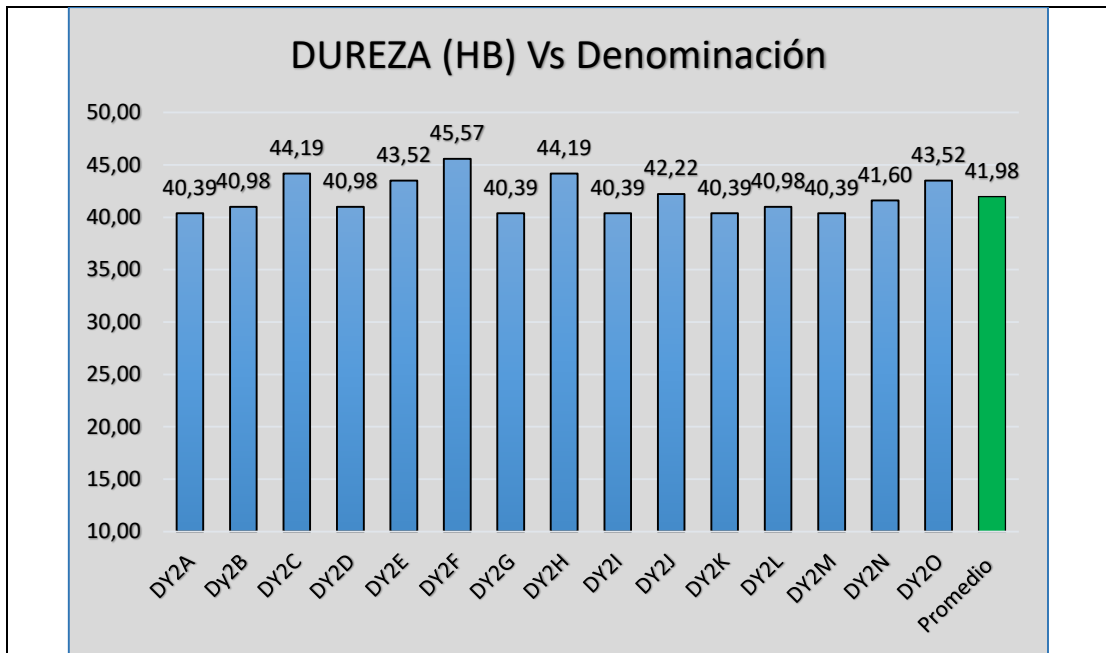
denominadas (DY1B, DY1I, DY1K). <ul style="list-style-type: none"> • Para obtener los valores de dureza se ejecutaron 15 marcaciones para el material compuesto por un 2,5 % de Mg y un 97,5% de Al 1060 	establece un valor menor a 2,25 para durezas de 30 (HB).
--	--

Fuente. (Autor)

Tabla 7. Recolección de datos del ensayo de dureza

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			Denominación: DY2A – DY20		
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)					
ENSAYO DE DUREZA BRINELL (HB) NORMA ASTM E10-01					
Lugar:		Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica			
Máquina:		Hardness Tester model HBRV-187,5			
Fecha:		08/Nov/2017	Ciudad:		Ambato
Responsable:		Sr. Diego Carrera	Revisado por:		Ing. Gonzalo López
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.					
Material Principal:		Aluminio 1060	Material Secundario:		Magnesio
Fracción porcentual:		95%	Fracción porcentual:		5%
DETALLES DEL ENSAYO					
Forma del grano:		Mixtas	Tamaño del grano:		45 um a 63 um
Presión de compresión:		270 Mpa	Temperatura de sinterizado:		660°C
Diámetro de la esfera:		5 mm	Espesor de la probeta:		5mm

Distancia al borde de la probeta.	2 mm	Distancia entre mediciones	2 mm	
Fuerza aplicada	612,9 N	Fórmula dureza BRINELL (HB)	$= 0,102 * \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ HB}$	
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE DUREZA				
Denominación	Diámetro de la huella (mm)	Carga aplicada (N)	Dureza Calculada (HB)	Error
DY2A	1,39	612,9	40,39	1,59
DY2B	1,38	612,9	40,98	0,99
DY2C	1,33	612,9	44,19	2,21
DY2D	1,38	612,9	40,98	0,99
DY2E	1,34	612,9	43,52	1,54
DY2F	1,31	612,9	45,57	3,59
DY2G	1,39	612,9	40,39	1,59
DY2H	1,33	612,9	44,19	2,21
DY2I	1,39	612,9	40,39	1,59
DY2J	1,36	612,9	42,22	0,24
DY2K	1,39	612,9	40,39	1,59
DY2L	1,38	612,9	40,98	0,99
DY2M	1,39	612,9	40,39	1,59
DY2N	1,37	612,9	41,60	0,38
DY2O	1,34	612,9	43,52	1,54
PROMEDIO	1,616	612,9	41,98	1,51
GRÁFICAS DE LA DUREZA (HB)				




INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Los valores obtenidos en el ensayo de dureza ejecutado en las probetas del grupo Y2 presentan valores relativamente uniformes. Las huellas obtenidas que presentaron mejores resultados en cuanto a dureza se refiere son las que poseen denominación (DY2F y DY2O). Las huellas con mas profundidad y por ende que resultaron con un menor valor de dureza son las denominadas (DY2A, DY2G, DY2J). 	<ul style="list-style-type: none"> El valor promedio de dureza en base al diametro dejado por la esfera en el material ensayado es de 41,98 BRINELL (HB). El porcentaje de error obtenido en el desarrollo del ensayo promedia un 1,51 % lo cual nos indica que el mismo es aceptable ya que en base a las especificaciones de la norma ASTM E 10 para dureza brinell establece un valor menor a 3 para durezas de 40 (HB).

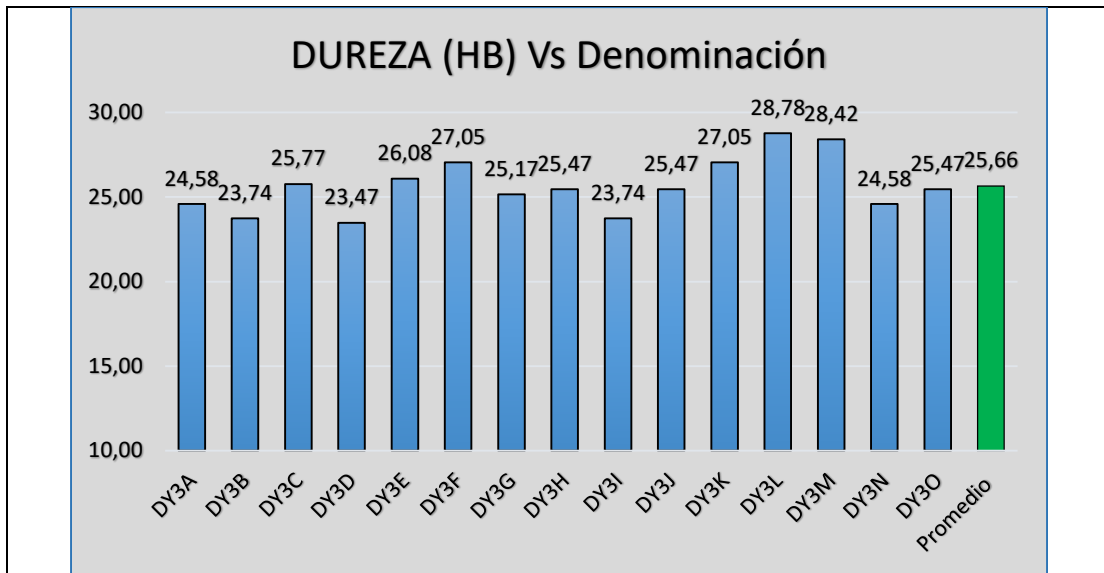
<ul style="list-style-type: none"> • Para obtener los valores de dureza se ejecutaron 15 marcaciones para el material compuesto por un 5 % de Mg y un 95% de Al 1060 	
---	--

Fuente. (Autor)

Tabla 8. Recolección de datos del ensayo de dureza

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			Denominación: DY3A – DY30		
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)					
ENSAYO DE DUREZA BRINELL (HB) NORMA ASTM E10-01					
Lugar:		Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica			
Máquina:		Hardness Tester model HBRV-187,5			
Fecha:		08/Nov/2017		Ciudad: Ambato	
Responsable:		Sr. Diego Carrera		Revisado por: Ing. Gonzalo López	
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.					
Material Principal:		Aluminio 1060		Material Secundario: Magnesio	
Fracción porcentual:		92.5%		Fracción porcentual: 7.5%	
DETALLES DEL ENSAYO					
Forma del grano:		Mixtas		Tamaño del grano: 45 um a 63 um	
Presión de compresión:		270 Mpa		Temperatura de sinterizado: 660°C	
Diámetro de la esfera:		5 mm		Espesor de la probeta: 5mm	
Distancia al borde de la probeta.		2 mm		Distancia entre mediciones 2 mm	
Fuerza aplicada		612,9 N		Fórmula dureza BRINELL (HB) $= 0,102 * \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad HB$	

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE DUREZA				
Denominación	Diámetro de la huella (mm)	Carga aplicada (N)	Dureza Calculada (HB)	Error
DY3A	1,77	612,9	24,58	1,07
DY3B	1,8	612,9	23,74	1,91
DY3C	1,73	612,9	25,77	0,12
DY3D	1,81	612,9	23,47	2,18
DY3E	1,72	612,9	26,08	0,43
DY3F	1,69	612,9	27,05	1,39
DY3G	1,75	612,9	25,17	0,49
DY3H	1,74	612,9	25,47	0,19
DY3I	1,8	612,9	23,74	1,91
DY3J	1,74	612,9	25,47	0,19
DY3K	1,69	612,9	27,05	1,39
DY3L	1,64	612,9	28,78	3,12
DY3M	1,65	612,9	28,42	2,76
DY3N	1,77	612,9	24,58	1,07
DY3O	1,74	612,9	25,47	0,19
PROMEDIO	1,74	612,9	25,66	1,23
GRÁFICAS DE LA DUREZA (HB)				



INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Los valores obtenidos en el ensayo de dureza ejecutado en las probetas del grupo Y3 presentan valores relativamente uniformes. Las huellas que presentaron mejores resultados en cuanto a dureza se refiere son las que poseen denominación (DY3L y DY3M). Las huellas con mas profundidad y por ende que resultaron con un menor valor de dureza son las denominadas (DY3B, DY3D, DY3I). Para obtener los valores de dureza se ejecutaron 15 marcaciones para el 	<ul style="list-style-type: none"> El valor promedio de dureza en base al diametro dejado por la esfera en el material ensayado es de 25,65 BRINELL (HB). El porcentaje de error obtenido en el desarrollo del ensayo promedia un 1,23 % lo cual nos indica que el mismo es aceptable ya que en base a las especificaciones de la norma ASTM E 10 para dureza brinell establece un valor menor a 2,25 para durezas de 25 (HB).

material compuesto por un 7,5 % de Mg y un 92,5% de Al 1060	
---	--

Fuente. (Autor)

4.1.2. Tabulación de resultados de ensayos de tracción

Luego de realizar los ensayos de tracción, bajo las especificaciones de la norma ASTM E8-00b y de acuerdo a las combinaciones establecidas como fracciones porcentuales se presentan las siguientes tablas de resultados obtenidos en los ensayos elaborados a cada una de las probetas los mismos que se ejecutaron en el centro de fomento productivo carrocerero.

Denominación de las probetas (TY1A, TY2A, TY3A)

Donde

T: Tracción

Y: Literal de denominación

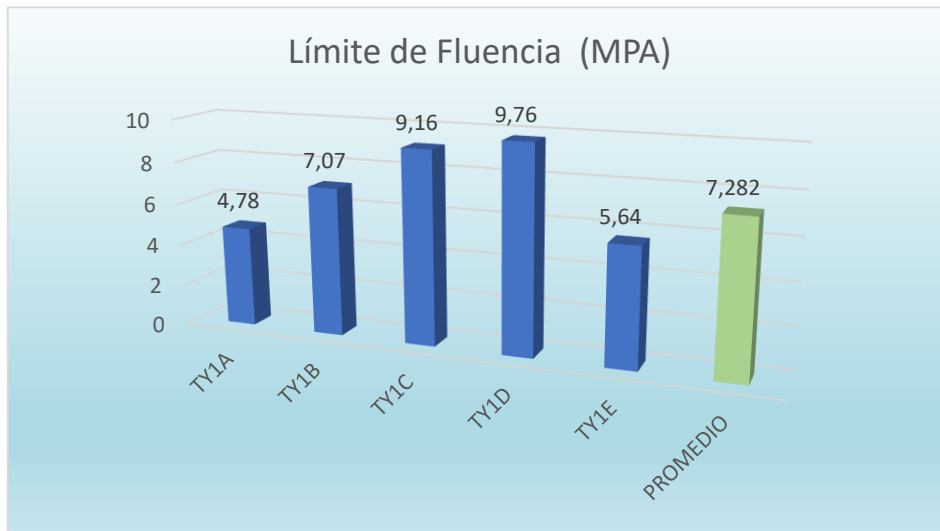
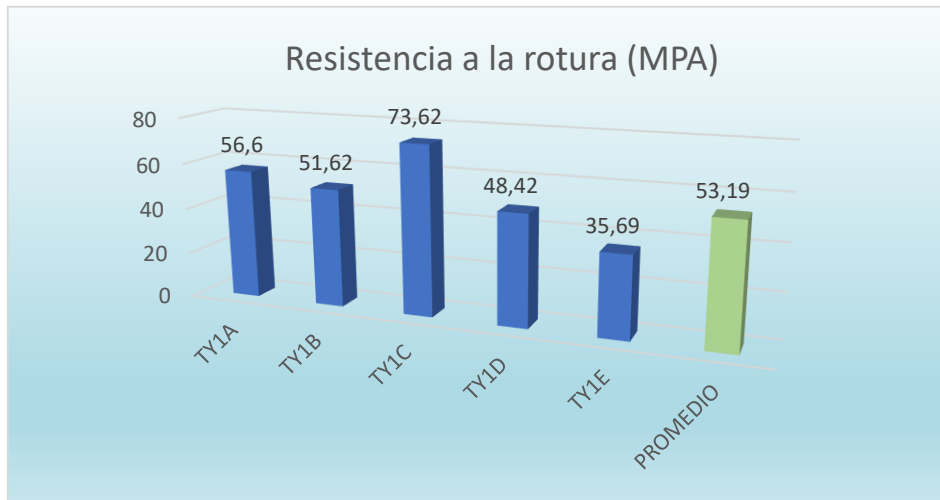
1: Grupo de fracción porcentual (1: 2,5 % de Mg, 2: 5 % de Mg, 3: 7,5% Mg)

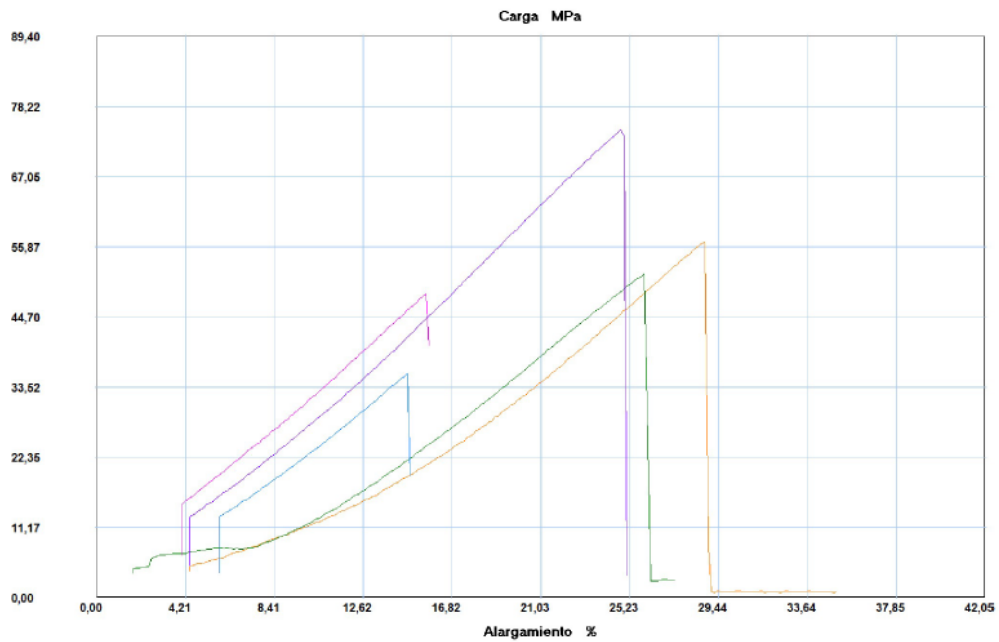
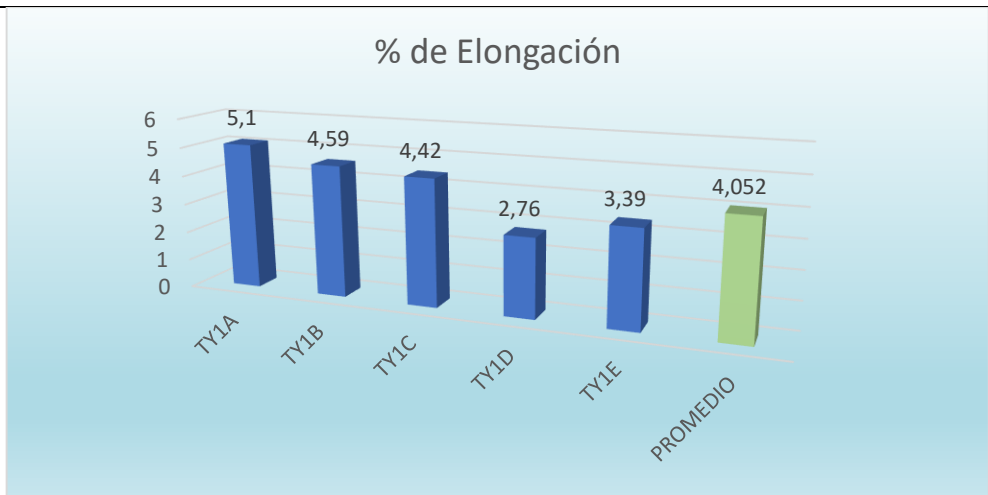
A: Indicador del número de ensayo (A: 1, B: 2, C: 3, D: 4, etc.)

Tabla 9. Recolección de datos del ensayo de tracción

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 	
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	Denominación: TY1A – TY1E
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)	
ENSAYO DE TRACCIÓN NORMA ASTM E8-00b	
Lugar:	Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocerero
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Metro Test 50 KN
Fecha:	13/Nov/2017
Ciudad:	Ambato

Responsable:	Sr. Diego Carrera	Revisado por:	Ing. Gonzalo López			
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.						
Material Principal:	Aluminio 1060	Material Secundario:	Magnesio			
Fracción porcentual:	97.5%	Fracción porcentual:	2.5%			
DETALLES DEL ENSAYO						
Forma del grano:	Mixtas	Tamaño del grano:	45 um a 63 um			
Presión de compresión:	270 Mpa	Temperatura de sinterizado:	660°C			
Tipo de ensayo realizado:	Cuantitativo	Forma de la probeta:	Plana			
Criterios dimensionales:	cumple	Precarga:	100 N			
Longitud:	25,4 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min			
Temperatura de ensayo	21°C	Humedad relativa	68			
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN						
Nombre de la probeta	Fuerza de rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia a la Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% de Elongación
TY1A	1606,21	135,69	56,6	4,78	93,73	5,1
TY1B	1543,09	211,43	51,62	7,07	154,03	4,59
TY1C	1852,34	230,36	73,42	9,16	207,24	4,42
TY1D	1276,44	257,18	48,42	9,76	353,62	2,76
TY1E	1017,68	160,94	35,69	5,64	166,37	3,39
Promedio	1459,15	199,12	53,19	7,28	194,99	4,05
GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN						







Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	1606,21	135,69	1606,21	56,60	4,78	56,60
2	1543,09	211,43	1543,09	51,62	7,07	51,62
3	1874,43	230,36	1852,34	74,50	9,16	73,62
4	1276,44	257,18	1276,44	48,42	9,76	48,42
5	1017,68	160,94	1017,68	35,69	5,64	35,69
Media	1463,570	199,120	1459,152	53,366	7,282	53,190
Desv. Std	327,609	49,949	320,761	14,113	2,157	13,786
Coef. V.	0,224	0,251	0,220	0,264	0,296	0,259
+3 Sigma	2446,398	348,966	2421,434	95,706	13,752	94,549

INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Las gráficas presentadas de los resultados obtenidos de los ensayos de traccion nos permiten reflejar resultados de resistencia a la rotura, límite de fluencia, y % de elongacion y la gráfica de carga vs alargamiento. • En la primera se refleja la resitencia a la rotura la de mayor perteneciente a la probeta TY1C que es la de mejor resultado en contraste con el de la probeta TY1E siendo el mismo el de mas bajo valor.. • El límite de fluencia presentado por la probeta TY1D es el de mejor resultado obteniendo, el menor valor obtenido en las probetas es el de la probeta TY1A. • El porcentaje de enlongacion presentado por las probetas refleja que la que presenta un mayor valor es el de la probeta TY1A, al contrario la de menor valor es la probeta TY1D . 	<ul style="list-style-type: none"> • Los valores promedio de las gráficas presentadas son: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a la rotura. 53,19 MPa ➤ Límite de fluencia 7,28 MPa ➤ % de enlongación 4,05% • El valor máximo de la resistencia ala rotura es de 73, 62 MPa presentado por la probeta TY1C, el volor minimo es de 35,69 presentado por la probeta TY1E. • En el límite de Fluencia el mayor valor es el de la probeta TY1D el mismo que tiene un valor de 9,76 MPa en contraste la probeta de menor valor es la TY1A con 4, 78 MPa. • La probeta con el mayor porcentaje de enlongacion es la TY1A con 5,1% y la demenor valor es la TY1D con 2,76% de elongacion.

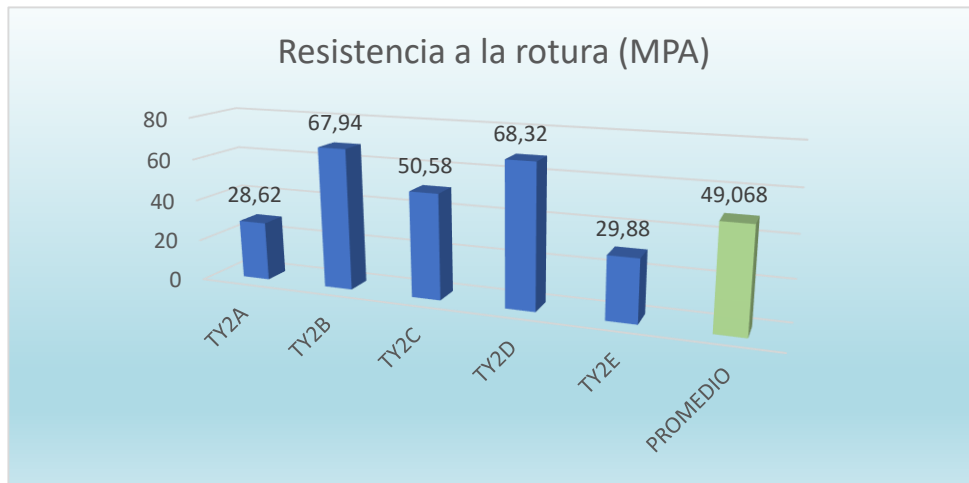
Fuente. (Autor)

Tabla 10. Recolección de datos del ensayo de tracción

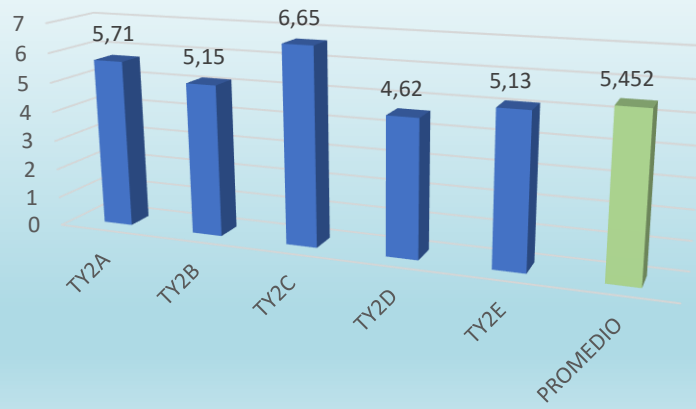
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				Denominación: TY2A – TY2E		
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)						
ENSAYO DE TRACCIÓN NORMA ASTM E8-00b						
Lugar:	Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Metro Test 50 KN					
Fecha:	13/Nov/2017	Ciudad:	Ambato			
Responsable:	Sr. Diego Carrera	Revisado por:	Ing. Gonzalo López			
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.						
Material Principal:	Aluminio 1060	Material Secundario:	Magnesio			
Fracción porcentual:	95%	Fracción porcentual:	5%			
DETALLES DEL ENSAYO						
Forma del grano:	Mixtas	Tamaño del grano:	45 um a 63 um			
Presión de compresión:	270 MPa	Temperatura de sinterizado:	660°C			
Tipo de ensayo realizado:	Cuantitativo	Forma de la probeta:	Plana			
Criterios dimensionales:	cumple	Precarga:	100 N			
Longitud:	25,4 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min			
Temperatura de ensayo	21°C	Humedad relativa	68			
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCION						
Nombre de la probeta	Fuerza de rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia a la Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% de Elongación
TY2A	751,04	149,89	28,62	5,71	234,97	2,43

TY2B	1958,06	148,31	67,94	5,15	86,41	5,96
TY2C	1355,34	178,29	50,58	6,65	156,47	4,25
TY2D	1841,3	124,65	68,32	4,62	79,38	5,82
TY2E	910,39	156,2	29,88	5,13	102,6	5
Promedio	1363,23	151,47	49,07	5,45	131,97	4,69

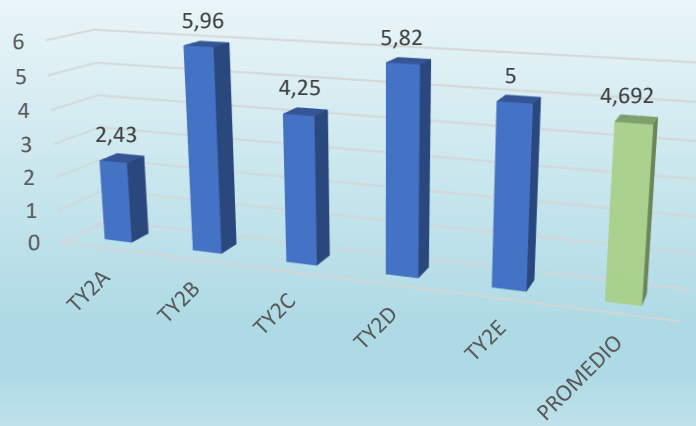
GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCION

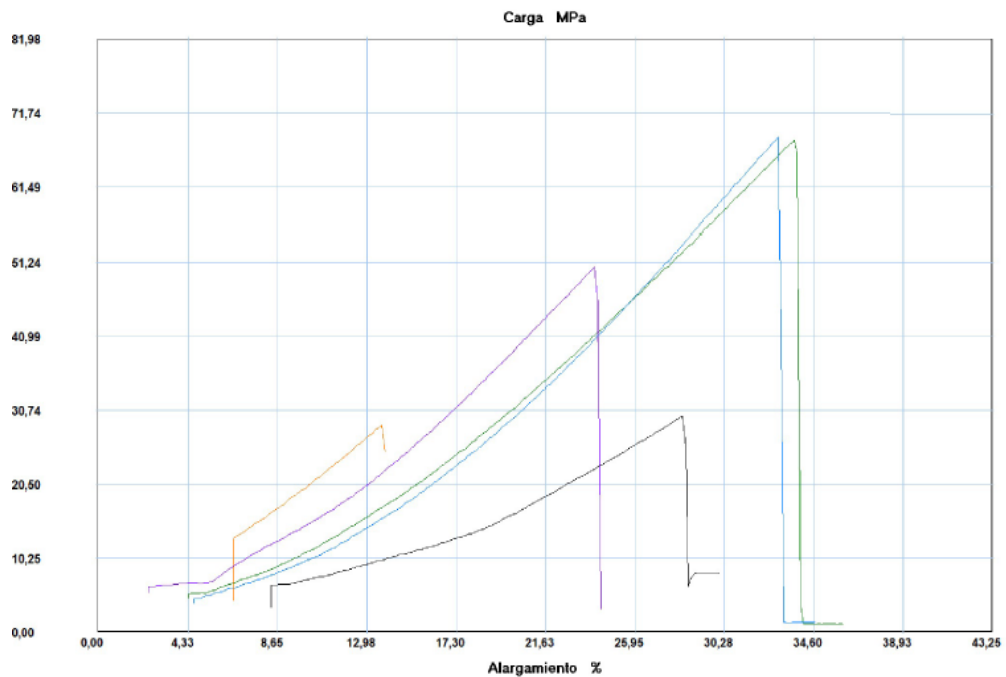


Límite de Fluencia (MPa)



% de Elongación





Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	751,04	149,89	751,04	28,62	5,71	28,62
2	1958,06	148,31	1958,06	67,94	5,15	67,94
3	1355,34	178,29	1355,34	50,58	6,65	50,58
4	1841,30	124,65	1841,30	68,32	4,62	68,32
5	910,39	156,20	910,39	29,88	5,13	29,88
Media	1363,226	151,468	1363,226	49,069	5,453	49,069
Desv. Std	539,045	19,193	539,045	19,464	0,774	19,464
Coef. V.	0,395	0,127	0,395	0,397	0,142	0,397
+3 Sigma	2980,360	209,047	2980,360	107,461	7,774	107,461



INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Las gráficas presentadas de los resultados obtenidos de los ensayos de tracción nos permiten reflejar resultados de resistencia a la rotura, límite de fluencia, y % de elongación y la gráfica de carga vs alargamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Los valores promedio de las gráficas presentadas son: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a la rotura. 49,68 MPa ➤ Límite de fluencia 5,45 MPa ➤ % de elongación 4,69% El valor máximo de la resistencia a la rotura es de 68,32 MPa presentado por la probeta TY2D, el valor mínimo

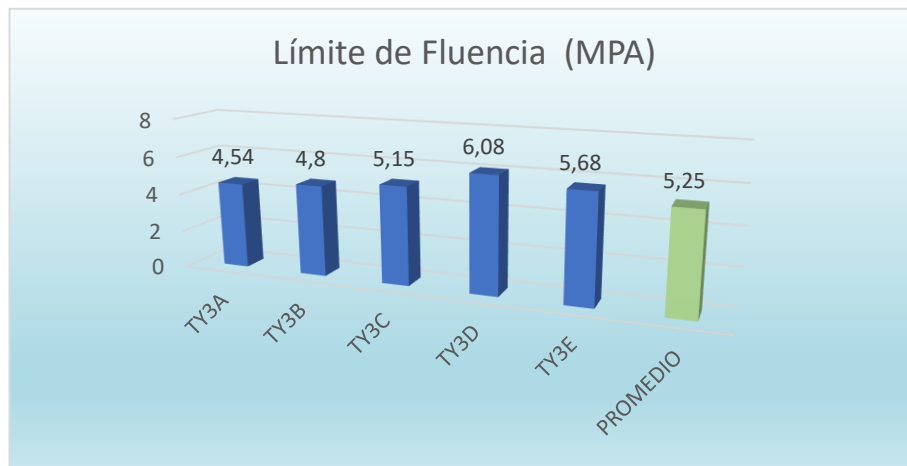
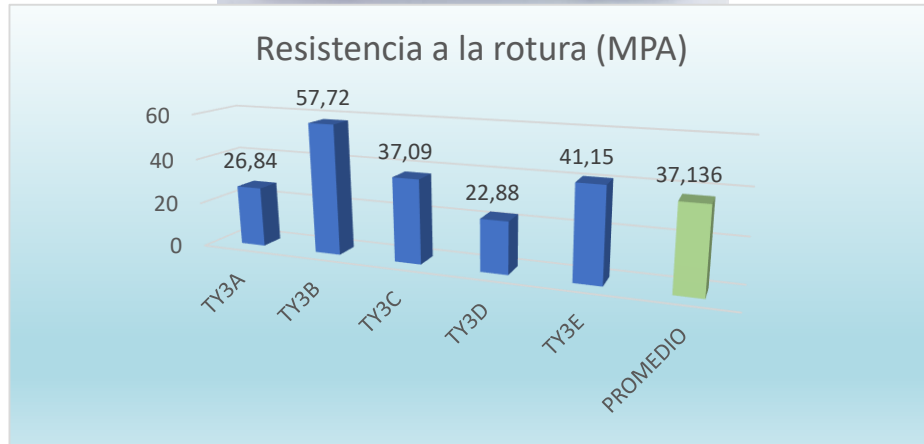
<ul style="list-style-type: none"> • En la primera se refleja la resistencia a la rotura la de mayor perteneciente a la probeta TY2D que es la de mejor resultado en contraste con el de la probeta TY2A siendo el mismo el de mas bajo valor.. • El límite de fluencia presentado por la probeta TY2C es el de mejor resultado obteniendo, el menor valor obtenido en las probetas es el de la probeta TY2D. • El porcentaje de elongacion presentado por las probetas refleja que la que presenta un mayor valor es el de la probeta TY2B, al contrario la de menor valor es la probeta TY1A. 	<p>es de 28,62 presentado por la probeta TY2A.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el límite de Fluencia el mayor valor es el de la probeta TY2C el mismo que tiene un valor de 6,65 MPa en contraste la probeta de menor valor es la TY2D con 4, 62 MPa. • La probeta con el mayor porcentaje de enlongacion es la TY2B con 5,96% y la de menor valor es la TY2A con 2,43% de elongacion.
--	--

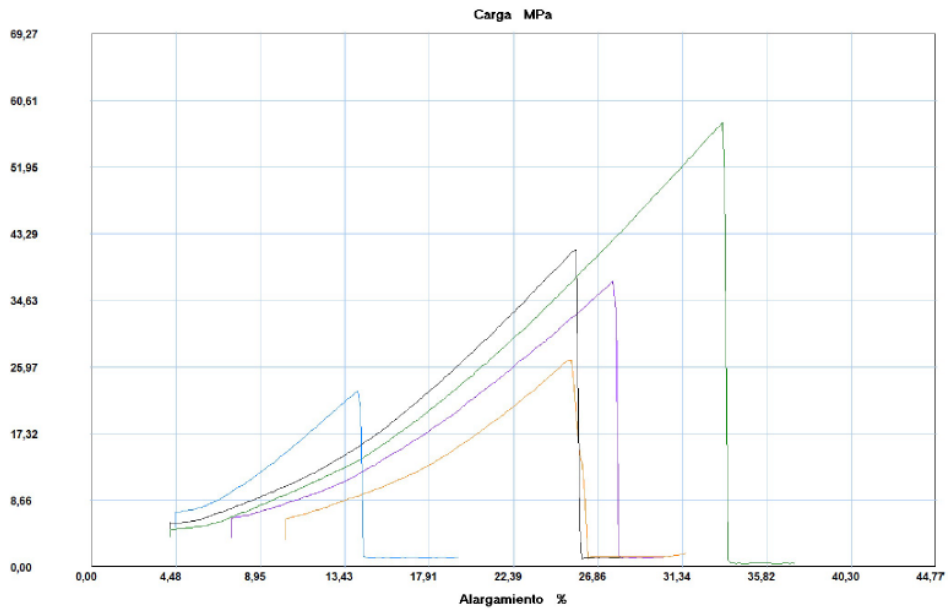
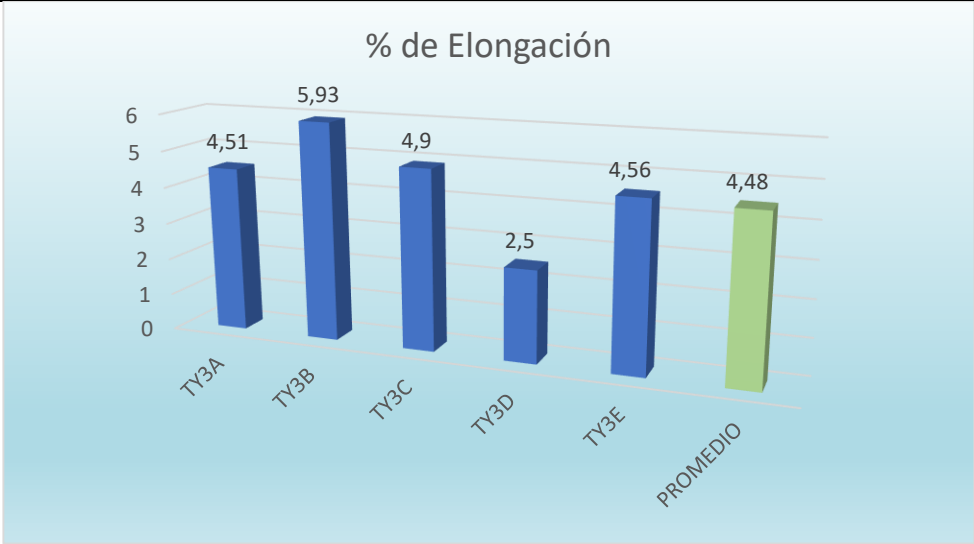
Fuente. (Autor)

Tabla 11. Recolección de datos del ensayo de tracción

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
<p>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p>	<p>Denominación: TY3A – TY3E</p>	
<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)</p>		
<p>ENSAYO DE TRACCIÓN NORMA ASTM E8-00b</p>		
<p>Lugar:</p>	<p>Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero</p>	

Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Metro Test 50 KN					
Fecha:	13/Nov/2017	Ciudad:	Ambato			
Responsable:	Sr. Diego Carrera	Revisado por:	Ing. Gonzalo López			
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.						
Material Principal:	Aluminio 1060	Material Secundario:	Magnesio			
Fracción porcentual:	92.5%	Fracción porcentual:	7.5%			
DETALLES DEL ENSAYO						
Forma del grano:	Mixtas	Tamaño del grano:	45 um a 63 um			
Presión de compresión:	270 MPa	Temperatura de sinterizado:	660°C			
Tipo de ensayo realizado:	Cuantitativo	Forma de la probeta:	Plana			
Criterios dimensionales:	cumple	Precarga:	100 N			
Longitud:	25,4 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min			
Temperatura de ensayo	22°C	Humedad relativa	65			
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCION						
Nombre de la probeta	Fuerza de rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia a la Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% de Elongación
TY3A	774,7	130,96	26,84	4,54	100,67	4,51
TY3B	1708,76	142	57,72	4,8	80,94	5,93
TY3C	1044,51	145,16	37,09	5,15	105,10	4,9
TY3D	621,65	165,67	22,08	6,08	243,20	2,5
TY3E	1166	160,94	41,15	5,68	124,56	4,56
Promedio	1063,12	148,95	37,14	5,25	130,89	4,48
GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCION						





Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	776,28	130,96	774,70	26,89	4,54	26,84
2	1708,76	142,00	1708,76	57,72	4,80	57,72
3	1044,51	145,16	1044,51	37,09	5,15	37,09
4	621,65	165,67	621,65	22,82	6,08	22,82
5	1166,00	160,94	1166,00	41,15	5,68	41,15
Media	1063,440	148,946	1063,124	37,135	5,250	37,124
Desv. Std	419,808	14,227	420,078	13,690	0,632	13,700
Coef. V.	0,395	0,096	0,395	0,369	0,120	0,369
+3 Sigma	2322,863	191,627	2323,359	78,204	7,147	78,224

INTERPRETACIÓN DE DATOS	
Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Las gráficas presentadas de los resultados obtenidos de los ensayos de tracción nos permiten reflejar resultados de resistencia a la rotura, límite de fluencia, y % de elongación y la gráfica de carga vs alargamiento. • En la primera se refleja la resistencia a la rotura la de mayor perteneciente a la probeta TY3B que es la de mejor resultado en contraste con el de la probeta TY3D siendo el mismo el de mas bajo valor.. • El límite de fluencia presentado por la probeta TY3D es el de mejor resultado obteniendo, el menor valor obtenido en las probetas es el de la probeta TY3A. • El porcentaje de elongación presentado por las probetas refleja que la que presenta un mayor valor es el de la probeta TY3D, al contrario la de menor valor es la probeta TY3B 	<ul style="list-style-type: none"> • Los valores promedio de las gráficas presentadas son: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a la rotura. 37,13 MPa ➤ Límite de fluencia 5,25 MPa ➤ % de elongación 4,48 % • El valor máximo de la resistencia a la rotura es de 57,72 MPa presentado por la probeta TY3B, el valor mínimo es de 22,88 presentado por la probeta TY3D. • En el límite de Fluencia el mayor valor es el de la probeta TY3D el mismo que tiene un valor de 6,08 MPa en contraste la probeta de menor valor es la TY3A con 4,54 MPa. • La probeta con el mayor porcentaje de elongación es la TY3B con 5,93 % y la de menor valor es la TY3D con 2,5 % de elongación.

Fuente. (Autor)

4.1.3. Tabulación de resultados de ensayos de impacto

Luego de realizar los ensayos de impacto, bajo las especificaciones de la norma ASTM E 23 y de acuerdo a las combinaciones establecidas como fracciones porcentuales se presentan las siguientes tablas de resultados obtenidos en los ensayos elaborados a cada una de las probetas en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

Para la ejecución del mismo se emplearon 3 probetas de cada combinación de polvos teniendo como resultados los datos que a continuación se presentan en las tablas esquematizadas a continuación

Denominación de las probetas (IY1A, IY2A, IY3A)

Donde



I: Impacto



Y: Literal de denominación

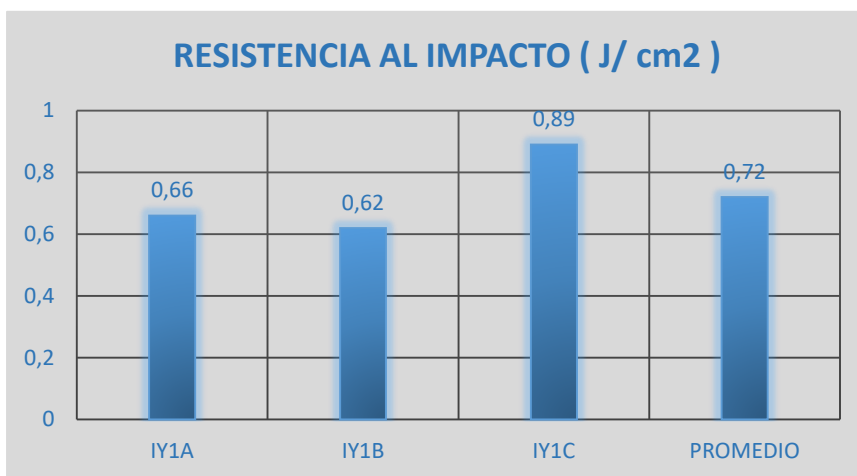
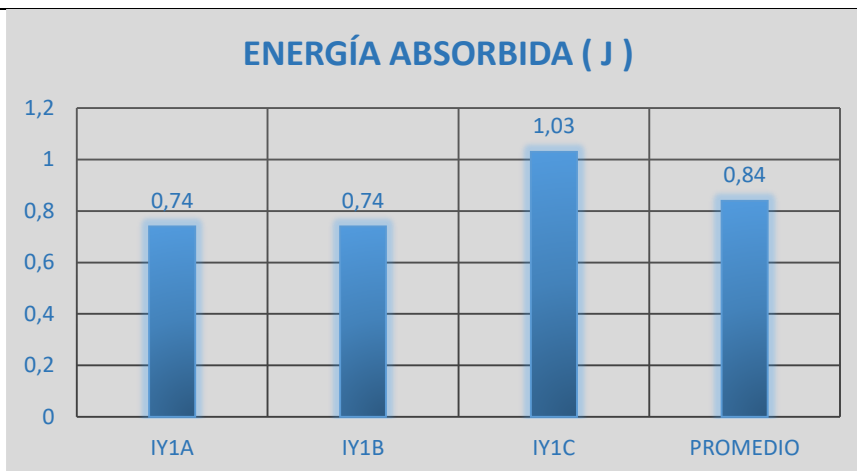
1: Grupo de fracción porcentual (1: 2,5 % de Mg, 2: 5 % de Mg, 3: 7,5% Mg)

A: Indicador del número de ensayo (A: 1, B: 2, C: 3)

Tabla 12. Recolección de datos del ensayo de impacto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 	
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	Denominación: IY1A – IY1C
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)	
ENSAYO DE IMPACTO NORMA ASTM E 23-01	
Lugar:	Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero
Máquina:	Máquina De Ensayo Charpy 450 J

Fecha:	11/Dic/2017	Ciudad:	Ambato		
Responsable:	Sr. Diego Carrera	Revisado por:	Ing. Gonzalo López		
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.					
Material Principal:	Aluminio 1060	Material Secundario:	Magnesio		
Fracción porcentual:	97.5%	Fracción porcentual:	2.5%		
DETALLES DEL ENSAYO					
Forma del grano:	Mixtas	Tamaño del grano:	45 um a 63 um		
Presión de compresión:	270 MPa	Temperatura de sinterizado:	660°C		
Tipo de ensayo realizado:	Cuantitativo	Forma de la probeta:	Plana		
Criterios dimensionales:	cumple	Espesor	10 mm		
Longitud:	55 mm	ancho	10 mm		
Temperatura de ensayo	22,7°C	Velocidad máxima de impacto	5,42 m/s		
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE IMPACTO					
Nombre de la probeta	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Si	No
IY1A	0,74	0,66	100	X	
IY1B	0,74	0,62	100	X	
IY1C	1,03	0,89	100	X	
Promedio	0,84	0,72			
GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO					
					



INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Los datos presentados en la tabla de recolección de datos nos permiten conocer la energía absorbida, la resistencia al impacto, entre otros. En las gráficas podemos observar un estado inicial de las probetas y el estado final de las mismas luego de ejecutar el ensayo. 	<ul style="list-style-type: none"> Las probetas expuestas en las gráficas anteriores presentan una cizalladura del 100 %. La probeta que más energía absorbió es la denominada IY1C con un valor de 1,03 J, en contraste a las otras 2 que absorbieron 0,74 J.

<ul style="list-style-type: none"> • En la siguiente gráfica se refleja la energía absorbida de las probetas medida en (J). • En la gráfica final presentada se expone la resistencia al impacto de las probetas medida en (J/cm²) 	<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia al impacto presentada por la probeta IY1C es la que se perfila como la mayor con un valor de 0,89 J/cm². En tanto que la de menor valor es la probeta IY1B con un valor de 0,62 J/cm².
--	---

Fuente. (Autor)

Tabla 13. Recolección de datos del ensayo de impacto

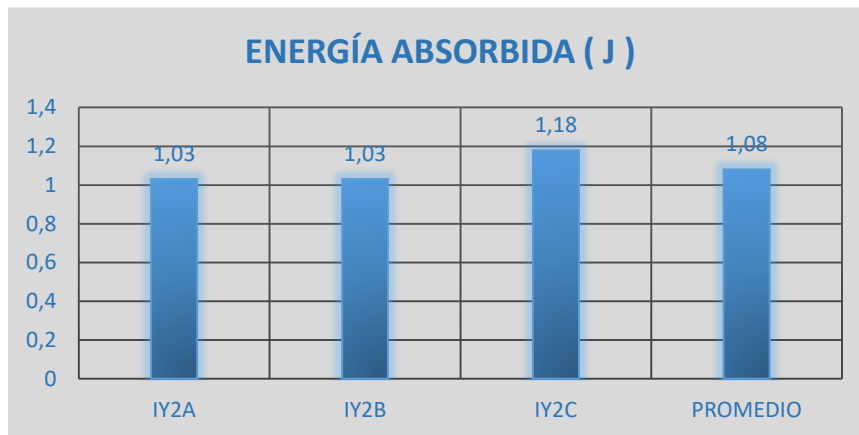
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			Denominación: IY2A – IY2C		
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)					
ENSAYO DE IMPACTO NORMA ASTM E 23-01					
Lugar:		Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina De Ensayo Charpy 450 J			
Fecha:		11/Dic/2017		Ciudad: Ambato	
Responsable:		Sr. Diego Carrera		Revisado por: Ing. Gonzalo López	
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.					
Material Principal:		Aluminio 1060		Material Secundario: Magnesio	
Fracción porcentual:		97.5%		Fracción porcentual: 2.5%	
DETALLES DEL ENSAYO					
Forma del grano:		Mixtas		Tamaño del grano: 45 um a 63 um	
Presión de compresión:		270 MPa		Temperatura de sinterizado: 660°C	

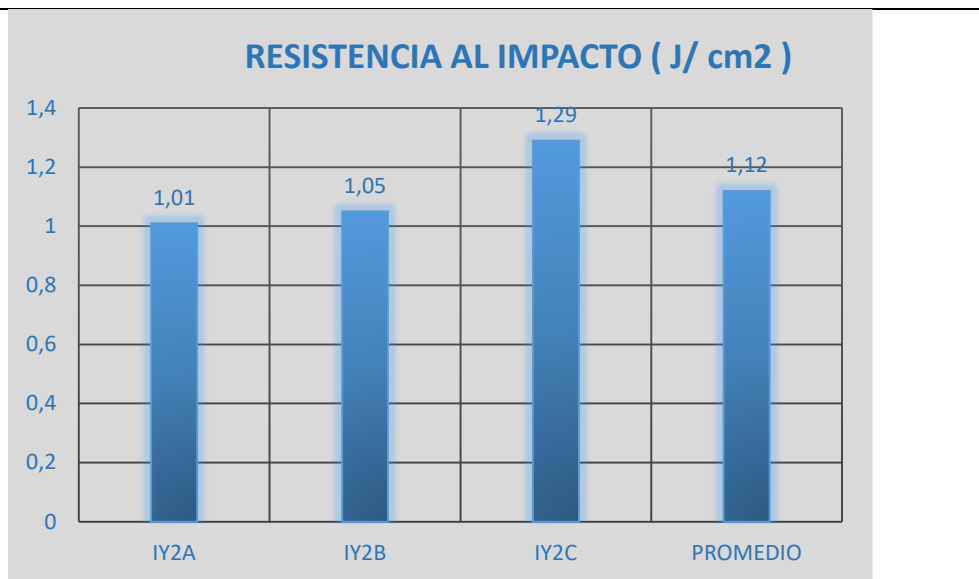
Tipo de ensayo realizado:	Cuantitativo	Forma de la probeta:	Plana
Criterios dimensionales:	cumple	Espesor	10 mm
Longitud:	55 mm	ancho	10 mm
Temperatura de ensayo	22,7°C	Velocidad máxima de impacto	5,42 m/s

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE IMPACTO

Nombre de la probeta	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Si	No
IY2A	1,03	1,01	100	X	
IY2B	1,03	1,05	100	X	
IY2C	1,18	1,29	100	X	
Promedio	1,08	1,12			

GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO







INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos presentados en la tabla de recolección de datos nos permiten conocer la energía absorbida, la resistencia al impacto, entre otros. • En las gráficas podemos observar un estado inicial de las probetas y el estado final de las mismas luego de ejecutar el ensayo. • En la siguiente gráfica se refleja la energía absorbida de las probetas medida en (J). • En la gráfica final presentada se expone la resistencia al impacto de las probetas medida en (J/cm²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las probetas expuestas en las gráficas anteriores presentan una cizalladura del 100 %. • La probeta que más energía absorbió es la denominada IY2C con un valor de 1,18 J, en contraste a las otras 2 que absorbieron 1,03 J. • La resistencia al impacto presentada por la probeta IY2C es la que se perfila como la mayor con un valor de 1,29 J/cm². En tanto que la de menor valor es la probeta IY2A con un valor de 1,01 J/cm².

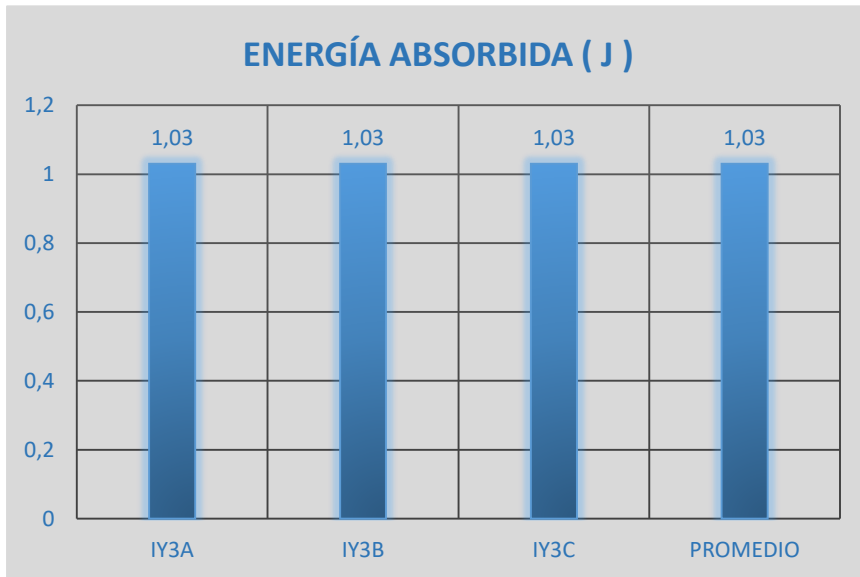
Fuente. (Autor)

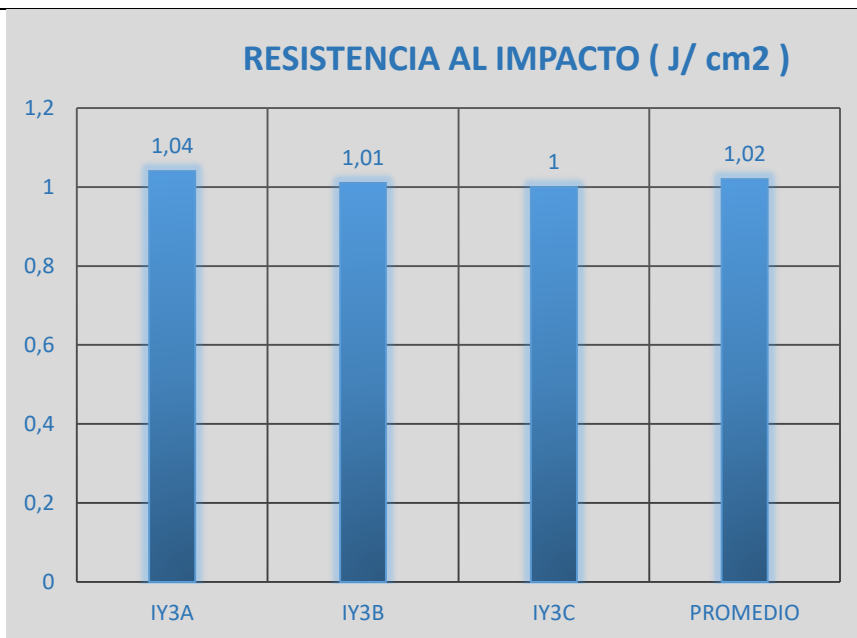
Tabla 14. Recolección de datos del ensayo de impacto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			Denominación: IY3A – IY3C		
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA (Al-Mg)					
ENSAYO DE IMPACTO NORMA ASTM E 23-01					
Lugar:		Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:		Máquina De Ensayo Charpy 450 J			
Fecha:		11/Dic/2017	Ciudad:		Ambato
Responsable:		Sr. Diego Carrera	Revisado por:		Ing. Gonzalo López
CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL.					
Material Principal:		Aluminio 1060	Material Secundario:		Magnesio
Fracción porcentual:		97.5%	Fracción porcentual:		2.5%
DETALLES DEL ENSAYO					
Forma del grano:		Mixtas	Tamaño del grano:		45 um a 63 um
Presión de compresión:		270 MPa	Temperatura de sinterizado:		660°C
Tipo de ensayo realizado:		Cuantitativo	Forma de la probeta:		Plana
Criterios dimensionales:		cumple	Espesor		10 mm
Longitud:		55 mm	ancho		10 mm
Temperatura de ensayo		22,7°C	Velocidad máxima de impacto		5,42 m/s
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE IMPACTO					
Nombre de la probeta	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Si	No
IY3A	1,03	1,04	100	X	

IY3B	1,03	1,01	100	X	
IY3C	1,03	1,00	100	X	
Promedio	1,03	1,02			

GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO





INTERPRETACIÓN DE DATOS

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos presentados en la tabla de recolección de datos nos permiten conocer la energía absorbida, la resistencia al impacto, entre otros. • En las gráficas podemos observar un estado inicial de las probetas y el estado final de las mismas luego de ejecutar el ensayo. • En la siguiente gráfica se refleja la energía absorbida de las probetas medida en (J). • En la gráfica final presentada se expone la resistencia al impacto de las probetas medida en (J/cm²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las probetas expuestas en las gráficas anteriores presentan una cizalladura del 100 %. • En este proceso se presenta uniformidad en los resultados todas las probetas ensayadas absorbieron 1,03 J • La resistencia al impacto presentada por la probeta IY3A es la que se perfila como la mayor con un valor de 1,04 J/cm². En tanto que la de menor valor es la probeta IY3C con un valor de 1 J/cm².

Fuente. (Autor)

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la ejecución del análisis de las propiedades mecánicas que posee el material se realizó una evaluación de resultados de cada uno de los ensayos ejecutados (tracción, dureza e impacto) del material aluminio 1060 con magnesio obtenido mediante el proceso de pulvimetalurgia,

4.2.1. Evaluación del material cuya fracción porcentual presenta las mejores propiedades mecánicas a tracción, dureza e impacto

A continuación se presenta las tablas de recolección de datos de cada uno de los ensayos ejecutados con el fin de comparar, analizar y establecer la fracción porcentual que presenta los mejores resultados en cuanto a las propiedades mecánicas que se preestablecieron en el tema inicial del trabajo experimental (resistencia última a la tracción, límite de fluencia, dureza, resistencia al impacto).

Tabla 15. Comparación de resultados de los ensayos de dureza.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN REALIZADO A LAS PROBETAS DE Al 1060 con Mg						
Nombre de la probeta	FRACCIONES PORCENTUALES DE LAS PROBETAS DE ENSAYO DE DUREZA.					
	Al 97,5% Mg 2,5 %		Al 95% Mg 5 %		Al 92,5% Mg 7,5 %	
	Diámetro de la huella (mm)	Dureza Calculada (HB)	Diámetro de la huella (mm)	Dureza Calculada (HB)	Diámetro de la huella (mm)	Dureza Calculada (HB)
YA	1,61	29,89	1,39	40,39	1,77	24,58
YB	1,68	27,38	1,38	40,98	1,8	23,74
YC	1,67	27,72	1,33	44,19	1,73	25,77
YD	1,71	26,40	1,38	40,98	1,81	23,47
YE	1,58	31,07	1,34	43,52	1,72	26,08
YF	1,58	31,07	1,31	45,57	1,69	27,05
YG	1,61	29,89	1,39	40,39	1,75	25,17

YH	1,60	30,28	1,33	44,19	1,74	25,47
YI	1,68	27,38	1,39	40,39	1,8	23,74
YJ	1,61	29,89	1,36	42,22	1,74	25,47
YK	1,68	27,38	1,39	40,39	1,69	27,05
YL	1,61	29,89	1,38	40,98	1,64	28,78
YM	1,57	31,48	1,39	40,39	1,65	28,42
YN	1,54	32,75	1,37	41,60	1,77	24,58
YO	1,54	33,64	1,34	43,52	1,74	25,47
Promedio	1,616	29,74	1,616	41,98	1,74	25,66

Fuente. (Autor)

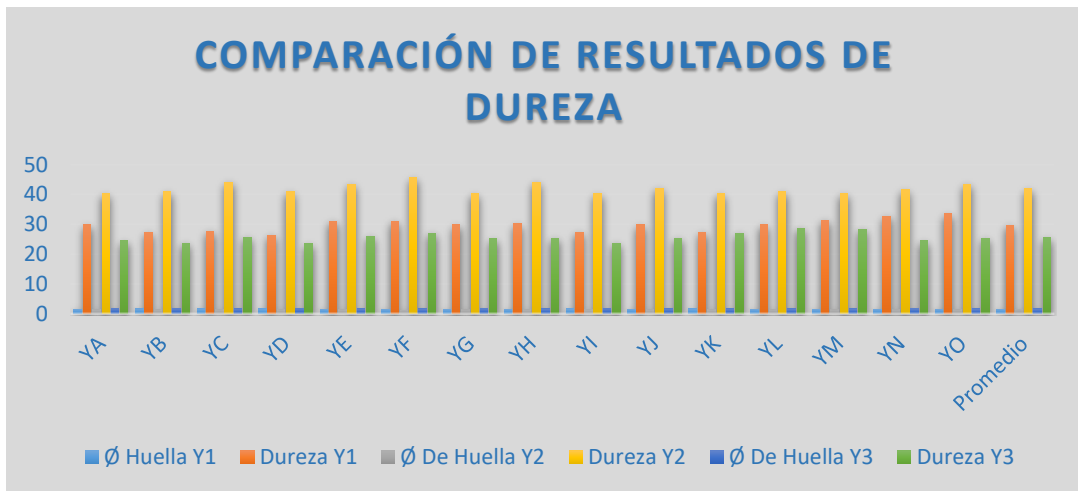


Figura 36. Comparación de resultados de dureza..

Fuente. Autor

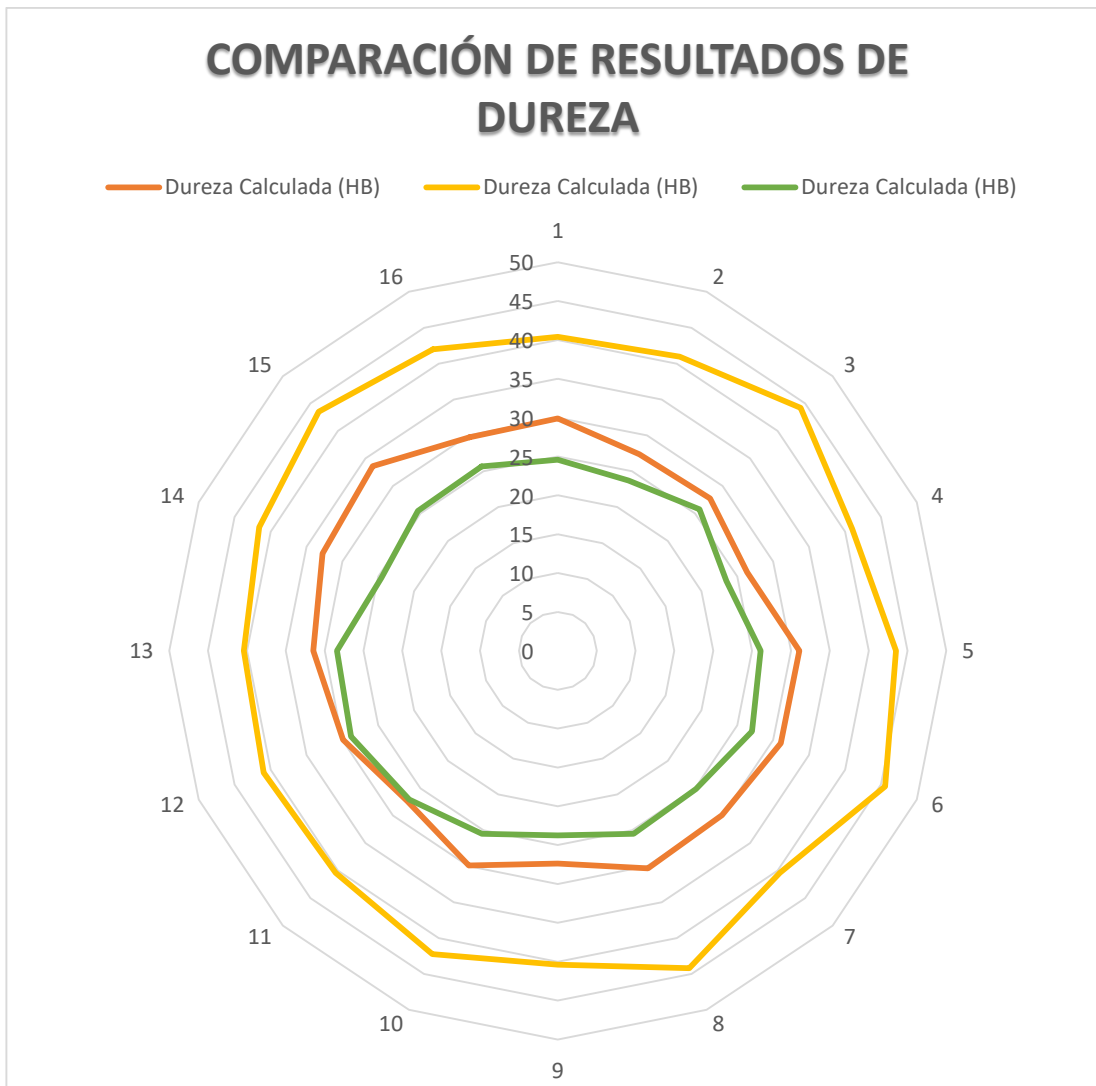


Figura 37. Comparación de resultados de dureza..
Fuente. Autor

4.2.1.1 Evaluación del ensayo de dureza

Una vez elaborada la comparación de resultados del ensayo de dureza se puede apreciar que las características del material cuya fracción porcentual corresponden al 95 % de Aluminio 1060 y 5% de Magnesio es la que presenta las mejores cualidades por ende se encuentran con una dureza promedio de 41,98 HB como se observa en la gráfica presentada anteriormente.

En la gráfica de comparación se puede apreciar que la fracción porcentual de 97,5 % de aluminio y 2,5% de magnesio presenta una dureza aceptable siendo superior a la de

la fracción de 7,5 % de Magnesio y 92,5 % de Aluminio lo que nos indica que la presencia del magnesio en porcentajes mayores al 5 % baja la dureza del material final

Tabla 16. Comparación de resultados de los ensayos de tracción.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN REALIZADO A LAS PROBETAS DE Al 1060 con Mg						
Nombre de la probeta	FRACCIONES PORCENTUALES DE LAS PROBETAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN					
	Al 97,5% Mg 2,5 %		Al 95% Mg 5 %		Al 92,5% Mg 7,5 %	
	Resistencia última a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia última a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia última a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)
YA	56,6	4,78	28,62	5,71	26,84	4,54
YB	51,62	7,07	67,94	5,15	57,72	4,8
YC	73,42	9,16	50,58	6,65	37,09	5,15
YD	48,42	9,76	68,32	4,62	22,08	6,08
YE	35,69	5,64	29,88	5,13	41,15	5,68
Promedio	53,19	7,28	49,07	5,45	37,14	5,25

Fuente. (Autor)

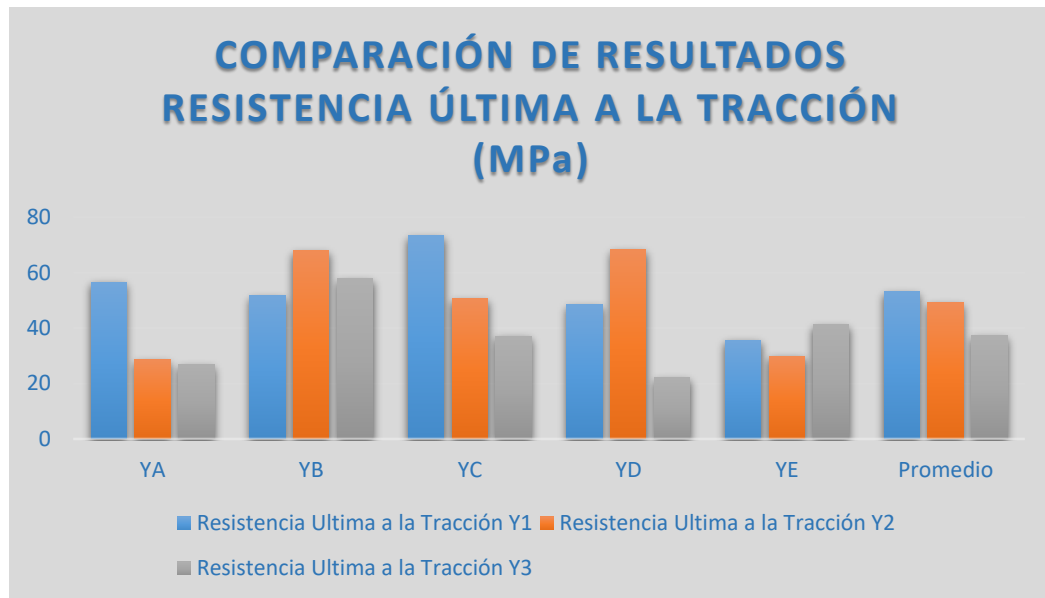


Figura 38. Comparación de resultados de resistencia última a la tracción.

Fuente. Autor

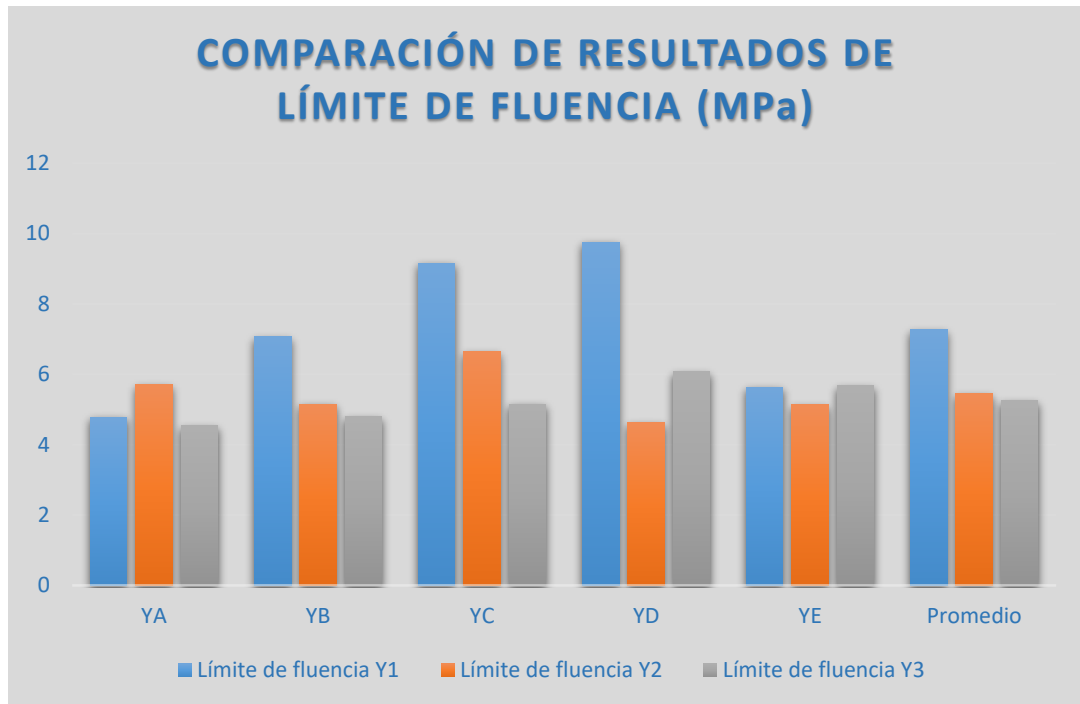


Figura 39. Comparación de resultados de límite de fluencia.
Fuente. Autor

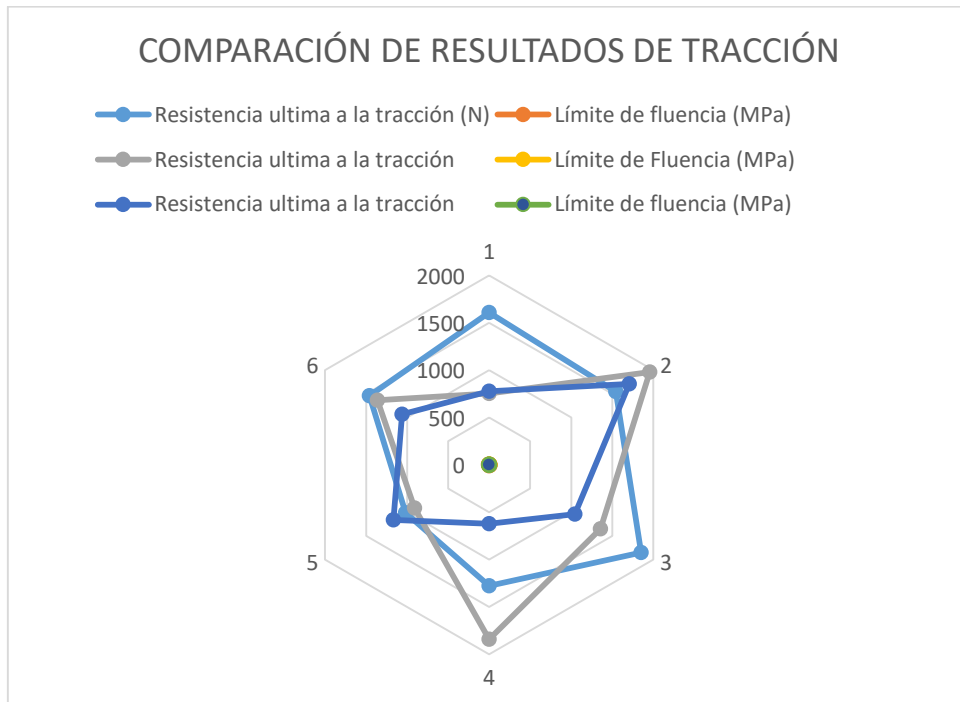


Figura 40. Comparación de resultados de tracción..
Fuente. Autor

4.2.1.1 Evaluación del ensayo de tracción

Luego de elaboradas las gráficas de comparación del ensayo de tracción se encontraron los datos que en cuanto a las propiedades de resistencia a la tracción las probetas con mejores resultados son las correspondientes a la fracción porcentual de 2,5% de Magnesio y 97,5% de Aluminio con un valor promedio de 53,19 MPa lo que le da un valor elevado en cuanto a la resistencia a la tracción.

En lo referente al límite de fluencia la fracción porcentual con las mejores propiedades de igual forma que en la propiedad anterior es la correspondiente a 2,5 % de Mg y 97,5% de Al con un valor promedio de 7,28 MPa.

Tabla 17. Comparación de resultados de los ensayos de impacto.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN REALIZADO A LAS PROBETAS DE Al 1060 con Mg						
Nombre de la probeta	FRACCIONES PORCENTUALES DE LAS PROBETAS DE ENSAYO DE TRACCIÓN					
	Al 97,5% Mg 2,5 %		Al 95% Mg 5 %		Al 92,5% Mg 7,5 %	
	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm²)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm²)	Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm²)
YA	0,74	0,66	1,03	1,01	1,03	1,04
YB	0,74	0,62	1,03	1,05	1,03	1,01
YC	1,03	0,89	1,18	1,29	1,03	1,00
Promedio	0,84	0,72	1,08	1,12	1,03	1,02

GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO

Fuente. (Autor)

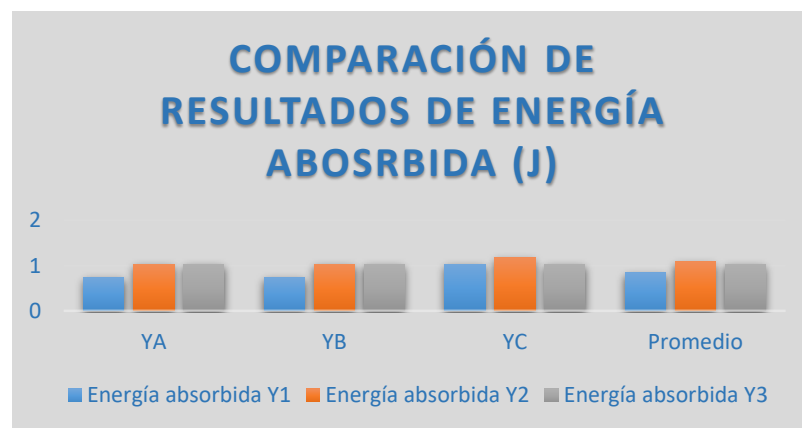


Figura 41. Comparación de resultados de límite de fluencia.

Fuente. Autor

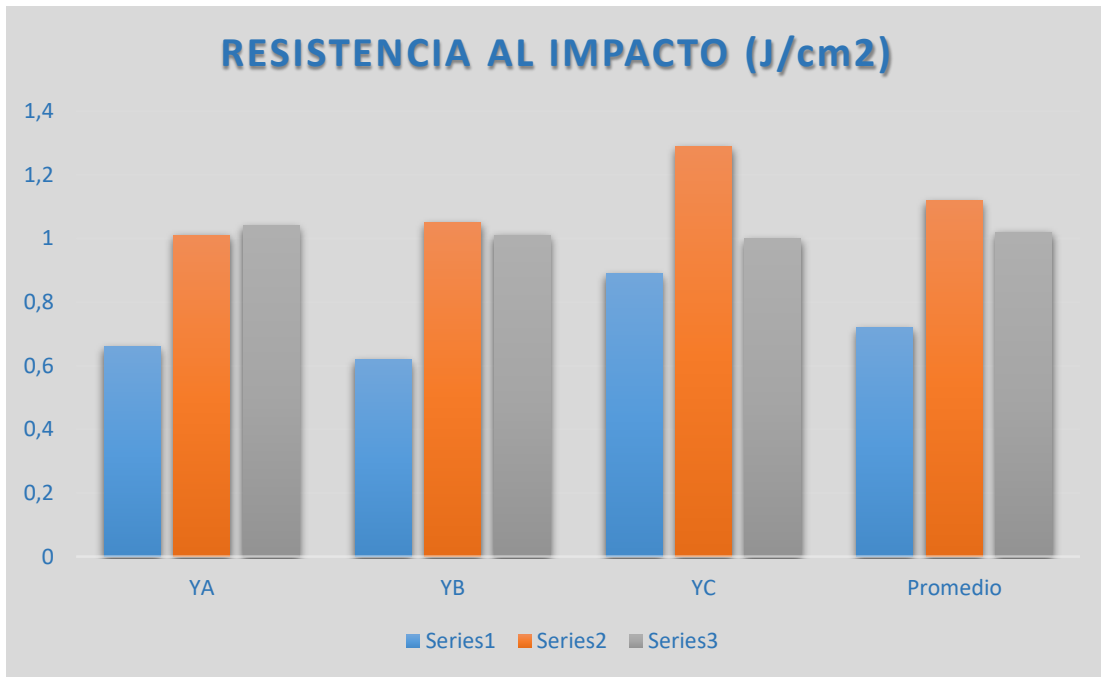


Figura 42. Comparación de resultados de límite de fluencia.
Fuente. Autor

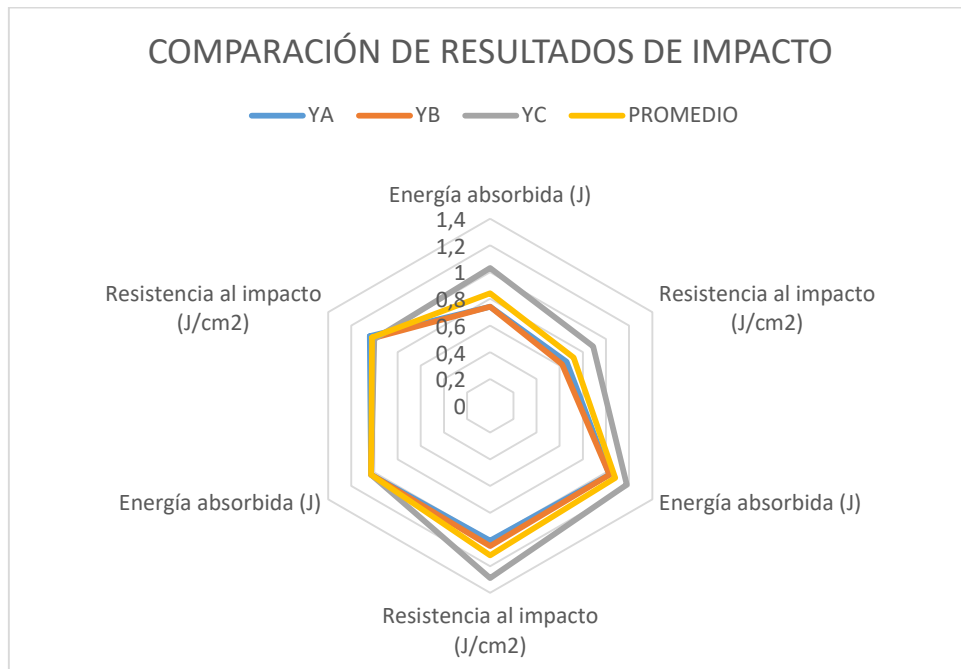


Figura 43. Comparación de resultados de límite de fluencia.
Fuente. Autor

4.2.1.3 Evaluación del ensayo de impacto.

Luego de elaborar el proceso de comparación de la propiedad de impacto se encontró que la fracción porcentual con mejores resultados es la correspondiente al 5 % de Mg y 95 % de Al, la misma que presenta un valor promedio de dureza de 1,08 J de igual forma la energía absorbida tiene un valor de 1,12 J/cm².

4.2.2 Interpretación de datos

Para la interpretación de los resultados obtenidos se emplea la tabla 17 con sus respectivas ponderaciones.

Tabla 18. Ponderación de datos.

ENSAYO		DUREZA	
Material	Dureza HB	Δ	Criterio aceptación
Aluminio	23.02	10.31	M
Magnesio	26	1.66	N
Aluminio con magnesio	41.98	8.64	A
Promedio	33.33		
Desviación estándar	9.58		
Ponderación			
Aceptable	Prom. + 10	A	
Moderado	Prom. - 10	M	
No aceptable	Fuera de rango	N	

Fuente. Autor

4.2.3. Comparación de resultados

Para elaborar la tabla de comparaciones se utilizaron las propiedades mecánicas del material base aluminio 1060 comúnmente empleado en la obtención de alambre para conducción eléctrica en, etc. El mismo tiene las siguientes características: [26]

Tabla 19. Composición química Al 1060.

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Al 1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03		0,05	0,03	0,03	resto

Fuente [26]

Tabla 20. Composición química del Mg AZ91D.

%		Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Otros	Mg
Mg AZ91D	Min	8,3	0,35	0,10	0,0	0,0	0,05	0,0	0,01	resto
	Max	9,7	1,00		0,10	0,005	0,03	0,002		

Fuente [27]

Tabla 21. Comparación de resultados de Al 1060, Mg AZ91D, Al sinterizado, Mg sinterizado, y material Al 1060 con MG

Ensayo	Tracción		Dureza	Impacto
	Resistencia ultima a la tracción. (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Brinell (HB)	Resistencia al impacto (J)
Al 1060	53.93	18.28	20	2
Mg AZ91D	230	39.4	63	2,7
Al sinterizado	130	23	17	1.2
Mg sinterizado	80	38	43	1
Al 1060 con Mg	73,42	9,16	44,19	1.29

Fuente. Autor.

Al realizar la comparación de resultados podemos observar que se obtienen mejores resultados con el proceso de aleación por fundición en contraste al proceso de pulvimetalurgia y sinterizado. En el ensayo de tracción se puede apreciar que los valores obtenidos en el proceso de PV son muy inferiores lo cual sería un inconveniente al momento de emplear este método de aleación, en el ensayo de dureza e impacto los valores varían un poco.

4.2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.2.4.1 Redacción de hipótesis ensayo de tracción (resistencia a la tracción (SUT)

Hipótesis

Los valores promedio de los resultados de resistencia a la tracción del grupo de probetas TY1 son mayor que los resultados de los grupos TY2, TY3 obtenidos del Centro De Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

H_1 = existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas
 $TY1 \neq TY2 \neq TY3$

H_0 = no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas
 $TY1 = TY2 = TY3$

$\alpha = 5\% = 0.05$

Criterio de normalidad

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 los datos provienen de una distribución normal

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 22. Test de normalidad Sut.

Prueba de normalidad					
Shapiro-Wilk					
Grupo	Estadístico	gl	Sig.		Valor α
TY1	0.972	5	P-valor = 0.886	>	$\alpha = 0.05$
TY2	0.835	5	P-valor = 0.152	>	$\alpha = 0.05$
TY3	0.945	5	P-valor = 0.704	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de igualdad de varianza

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 varianzas iguales

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe diferencia significativa entre las varianzas

Tabla 23. Test de igualdad de varianza Sut

Prueba de igualdad de varianzas					
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.		Valor α
0.919	2	12	P-valor = 0.425	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de aceptación de hipótesis

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $TY1 = TY2 = TY3$

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $TY1 \neq TY2 \neq TY3$

Tabla 24. Análisis de Varianza Sut

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	695.157	2	347.579	1.379	0.289
Dentro de los grupos	3024.915	12	252.076		
Total	3720.073	14			
P-valor =0.289	>			$\alpha = 0.05$	

Fuente. Autor.

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas. $TY1=TY2=TY3$

4.2.4.2 Redacción de hipótesis ensayo de tracción (límite de fluencia (Sy))

Hipótesis

Los valores promedio de los resultados de límite de fluencia del grupo de probetas TSY1 son mayor que los resultados de los grupos TSY2, TSY3 obtenidos del Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

H₁ = existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas TSY1≠TSY2≠TSY3

H₀ = no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas TSY1=TSY2=TSY3

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

Criterio de normalidad

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H0 los datos provienen de una distribución normal

P - valor $< \alpha$ se acepta H1 los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 25 Test de normalidad Sy

Prueba de normalidad					
Shapiro-Wilk					
Grupo	Estadístico	gl	Sig.		Valor α
TSY1	0.921	5	P-valor = 0.536	>	$\alpha = 0.05$
TSY2	0.928	5	P-valor = 0.585	>	$\alpha = 0.05$
TSY3	0.960	5	P-valor = 0.811	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de igualdad de varianza

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 varianzas iguales

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe diferencia significativa entre las varianzas

Tabla 26 Test de igualdad de varianza Sy

Prueba de igualdad de varianzas					
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.		Valor α
6.499	2	12	P-valor = 0.012	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de aceptación de hipótesis

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas TSY1=TSY2=TSY3

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas TSY1 \neq TSY2 \neq TSY3

Tabla 27. Análisis de Varianza Sy.

ANOVA					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12.275	2	6.138	3.204	0.077
Dentro de los grupos	22.984	12	1.915		
Total	35.259	14			
P-valor =0.077	>			$\alpha = 0.05$	

Fuente. Autor.

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas. TSY1=TSY2=TSY3

4.2.4.3 Redacción de hipótesis ensayo de impacto

Hipótesis

Los valores promedio de los resultados de impacto del grupo de probetas IY1 son mayor que los resultados de los grupos IY2, IY3 obtenidos del Centro De Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

H_1 = existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas
 $IY1 \neq IY2 \neq IY3$

H_0 = no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas
 $IY1 = IY2 = IY3$

$\alpha = 5\% = 0.05$

Criterio de normalidad

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 los datos provienen de una distribución normal

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 28 Test de normalidad Impacto

Prueba de normalidad					
Shapiro-Wilk					
Grupo	Estadístico	gl	Sig.		Valor α
IY1	0.858	3	P-valor = 0.263	>	$\alpha = 0.05$
IY2	0.855	3	P-valor = 0.253	>	$\alpha = 0.05$
IY3	0.923	3	P-valor = 0.463	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de igualdad de varianza

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 varianzas iguales

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe diferencia significativa entre las varianzas

Tabla 29 Test de igualdad de varianza Impacto

Prueba de igualdad de varianzas					
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.		Valor α
5.049	2	6	P-valor = 0.052	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de aceptación de hipótesis

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $IY1 = IY2 = IY3$

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $IY1 \neq IY2 \neq IY3$

Tabla 30. Análisis de varianza Impacto

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.251	2	0.125	8.433	0.018
Dentro de los grupos	0.089	6	0.015		
Total	0.340	8			
P-valor =0.018	>			$\alpha = 0.05$	

Fuente. Autor.

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $IY1 \neq IY2 \neq IY3$

VERIFICACION DE RESULTADOS

Tabla 31 Resultados del análisis de varianza impacto

RESULTADOS				
GRUPO	N	SUBCONJUNTO $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
IY1	3	0.7233		
IY2	3		1.1167	
IY3	3			1.0167

Fuente. Autor.

Podemos ver como resultado que el grupo con las mejores propiedades en cuanto a la resistencia al impacto es el número 2 (IY2)

4.2.4.4 Redacción de hipótesis ensayo de dureza

Hipótesis

Los valores promedio de los resultados de resistencia a la tracción del grupo de probetas DY1 son mayor que los resultados de los grupos DY2, DY3 obtenidos del Centro De Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

H_1 = existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $DY1 \neq DY2 \neq DY3$

H_0 = no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas
 $DY1=DY2=DY3$

$\alpha = 5\% = 0.05$

Criterio de normalidad

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 los datos provienen de una distribución normal

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 32 Test de normalidad dureza

Prueba de normalidad					
Shapiro-Wilk					
Grupo	Estadístico	gl	Sig.		Valor α
DY1	0.941	15	P-valor = 0.393	>	$\alpha = 0.05$
DY2	0.932	15	P-valor = 0.297	>	$\alpha = 0.05$
DY3	0.937	15	P-valor = 0.344	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de igualdad de varianza

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 varianzas iguales

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe diferencia significativa entre las varianzas

Tabla 33 Test de igualdad de varianza dureza

Prueba de igualdad de varianzas					
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.		Valor α
0.772	2	42	P-valor = 0.469	>	$\alpha = 0.05$

Fuente. Autor.

Criterio de aceptación de hipótesis

P - valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 no existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $DY1=DY2=DY3$

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $DY1 \neq DY2 \neq DY3$

Tabla 34 Análisis de varianza dureza

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2268.641	2	1134.320	291.188	0.000
Dentro de los grupos	163.611	42	3.895		
Total	2432.251	44			
P-valor =0.289	>			$\alpha = 0.05$	

Fuente. Autor.

P - valor $< \alpha$ se acepta H_1 existe una diferencia significativa entre los resultados de los grupos de probetas $DY1 \neq DY2 \neq DY3$

VERIFICACION DE RESULTADOS

Tabla 35 Resultados del análisis de varianza dureza.

RESULTADOS				
		SUBCONJUNTO $\alpha = 0.05$		
GRUPO	N	1	2	3
DY1	15	29.7340		
DY2	15		42.3333	
DY3	15			25.6507

Fuente. Autor.

Podemos ver como resultado que el grupo con las mejores propiedades en cuanto a la dureza es el número 2 (DY2)

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez realizados los ensayos, tabulación, evaluación, interpretación de los datos obtenidos se procede a la demostración de la hipótesis planteada en el presenta trabajo experimental, el mismo se ejecutó en base a un sistema estadístico y comparativo. En cuanto a la parte estadística se realizaron cálculos de media aritmética, desviación estándar, con los datos obtenidos se efectuaron las gráficas de barras de todas la propiedades mecánicas analizadas. (Resistencia última a la tracción, límite de fluencia, dureza, e impacto) de la misma forma se comparó los resultados en base a las fracciones porcentuales planteadas en la investigación.

Para encontrar el grupo de probetas con las mejores características mecánicas se efectuó la comparación de los datos obtenidos mediante las tablas presentadas anteriormente las cuales contienen la información de los ensayos realizados al material combinado (aluminio magnesio). Como resultado final del proceso se encontró como mejor fracción porcentual a la aleación Al 95%, Mg 5% ya que presenta mejores propiedades en cuanto a dureza, resistencia al impacto. En contraste lo mencionado en el párrafo anterior se presentó otro caso en las propiedades de resistencia última a la tracción y límite de fluencia en donde en base al análisis de varianza (ANOVA) ejecutado no se encuentra una diferencia significativa. El proceso se ejecutó bajo los parámetros establecidos en las normas empleadas en el desarrollo del trabajo experimental.

Con el análisis ejecutado se describe como fracciones porcentuales con mejores resultados a las mencionadas anteriormente basados en los resultados obtenidos de los análisis ejecutados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Después de ejecutados los ensayos, recolección de datos, análisis e interpretación de los análisis de dureza, tracción e impacto, del material aleado Aluminio 1060 con Magnesio obtenido mediante el proceso de pulvimetalurgia se llega a tener las siguientes conclusiones.

- Los lineamientos en los cuales se basa el análisis de las propiedades mecánicas del material sinterizado Aluminio 1060 con Magnesio se basan en el dimensionamiento de las partículas, tipo de mezcla de polvos, presión de compactación, temperatura, tiempo de sinterizado, dimensionamiento, forma de las probetas las mismas. Las cuales se realizaron en base a cada una de las normas que regula la ejecución de los análisis requeridos.
- Con los ensayos de tracción ejecutados bajo la norma ASTM E8 se logró conocer los valores de resistencia última a la tracción y límite de fluencia, además se empleó la norma ASTM E 10 para el ensayo de dureza y la norma ASTM E 23 para el ensayo de impacto
- Para establecer las fracciones porcentuales sometidas a ensayo se tomó en cuenta los porcentajes estipulados en ASM Metal HandBook volumen 2 en el mismo encontramos valores de entre 0,5 hasta 5,9% de Mg por lo que se tomó los valores de 2,5%, 5% y 7,5% de magnesio para la obtención de las probetas a ensayar.
- En base al estudio estadístico realizado se encontró que en el caso del ensayo de tracción no existe una diferencia significativa, lo cual nos indica que para la implementación de piezas sinterizadas en trabajos que requieran de propiedades

tales como resistencia a la tracción, límite de fluencia entre otras concernientes al ensayo de tracción se puede emplear cualquiera de las fracciones porcentuales establecidas en el trabajo experimental.

- Para la elaboración de las probetas sometidas a la ejecución de los ensayos se emplearon moldes con los diseños específicos, los mismos que ya contaban con la forma final requerida en base a las normas empleadas en la realización de los ensayos lo que nos permitió eliminar el proceso de maquinado de las probetas como paso posterior al sinterizado de los elementos a ensayar.
- Luego de efectuar el análisis de varianzas (ANOVA) para los ensayos de dureza e impacto se obtuvo como resultados estadísticos que el grupo de probetas con una diferencia significativa en relación a los demás es el grupo Y2, que presenta mejores resultados en estas propiedades.
- La aleación Al, Mg obtenida mediante el proceso de pulvimetalurgia en su fracción porcentual Al 95%, Mg 5% denominada como grupo Y2 presenta las mejores propiedades mecánicas de dureza y resistencia al impacto luego de ser sometidas a los ensayos respectivos.
- El incremento del porcentaje de Magnesio presente en las aleaciones Aluminio con Magnesio obtenidas mediante el proceso de pulvimetalurgia disminuye los valores de las propiedades mecánicas encontradas por medio de los ensayos de tracción.
- Luego de ejecutar el ensayo de dureza bajo la norma ASTM E 10 en las probetas obtenidas se consiguieron las dimensiones de huella necesarias para el cálculo de la dureza Brinell (HB) que presenta cada una de las fracciones porcentuales obtenidas.
- Para la ejecución de pruebas de impacto realizadas en el Centro De Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero se empleó la norma ASTM e 23 la cual nos especifica las dimensiones requeridas para llevar a cabo dicho ensayo en la maquina CHARPY.
- Con los resultados obtenidos se determinó que los grupos con las mejores características mecánicas son el grupo Y1 para ensayos de tracción y el grupo Y2

para ensayos de dureza e impacto presentando las siguientes propiedades promedio.

- Resistencia última a la tracción: **53,19 MPa**
- Límite de fluencia: **7,29 MPa**
- Dureza: **41,98 HB**
- Resistencia al impacto: **1,12 J/cm²**

5.2. RECOMENDACIONES

Al final de la ejecución de los análisis de las propiedades mecánicas de la aleación Aluminio Magnesio es necesario realizar las siguientes recomendaciones.

- Para facilitar el proceso de molienda del material se debe emplear viruta fina del material esto permitirá que el mismo se triture con más facilidad y en menor tiempo logrando así obtener un polvo fino el mismo que será empleado para el desarrollo del trabajo experimental.
- No se debe exceder el peso especificado de material a pulverizar para el adecuado funcionamiento del molino de bolas.
- Para la ejecución del proceso de tamizado se deben emplear distintos tamaños de tamiz lo que permitirá que el polvo fino vaya cayendo progresivamente y no exista acumulación de material en un solo tamiz.
- El proceso de mezcla simple de polvos se debe llevar a cabo durante un tiempo estimado de 20 minutos tomando él cuenta que el mismo se debe ejecutar en una maquina adecuada para el proceso.
- En el proceso de compactado debemos tener en cuenta que el molde debe ser ajustado correctamente con el fin de evitar pérdidas de materiales lo cual nos causara una deformación del producto final y no se conseguirá obtener una probeta con la que se puede trabajar.
- Al momento de desmoldar la probeta se debe hacerlo cuidando que no se trice los filos de las probetas ya que esto también generara deformaciones e inconvenientes en el proceso de análisis.

- Para evitar fenómenos de corrosión se debe emplear arena refractaria y cemento refractario el mismo que debe cubrir las probetas con el fin de que no penetre oxígeno en la atmosfera de las misma.
- Se debe tener en cuenta el momento en el que el horno llega a la temperatura de sinterizado ya que a partir de ese instante debemos tomar el tiempo necesario para que se cumpla este proceso.
- Para efectuar los ensayos hay que procurar escoger las mejores probetas con el fin de cumplir a cabalidad con los requerimientos de las normas ASTM y conseguir los resultados adecuados.
- Por último se debe tener en cuenta que las maquinas en las cuales se efectúan los ensayos estén correctamente calibradas con el fin de obtener los resultados adecuados que nos permitan desarrollar de la mejor forma el análisis e interpretación de los datos y resultados obtenidos.

Bibliografía

- [1] J. BENAVIDES, «Pais Minero,» 20 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.paisminero.co/index.php/de-mineria/de-interes-minero/17202-mineria-responsable-y-progreso-en-narino>. [Último acceso: 10 06 2017].
- [2] Espin Lagos, Segundo Manuel, *Estudio de la aleación inteligente con memoria de forma CuZnAl para determinar su aplicación industrial*, Ambato, 2012.
- [3] C. Solórzano, *Obtención y ensayos de la aleación de zinc aluminio 27 reforzado con partículas ceramicas*, Riobamba, 2015.
- [4] M. Haro, *Dearrollo de intermetalicos TiAl mediante técnicas pulvimetalurgicas convencionales y de alta densificación (Spark Plasma Sintering)*, Valencia, 2013.
- [5] L. Santana, *estudio de la aleación de aluminio 4032 reforzado con partículas de carburo de silicio y su incidencia en la dureza, resistencia y tenacidad*, Ambato, 2013.
- [6] W. Callister, *Ciencia e Ingeniería de los materiales*, Barcelonas: Reverte S. A..
- [7] W. Smith, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, México: McGraw Hill, 2006.
- [8] J. Shackelford, *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*, Mexico: PEARSON, 2007.
- [9] Nallely, 21 03 2009. [En línea]. Available: <http://nelyestrada.blogspot.com/2009/05/>. [Último acceso: 2017].
- [10] E. Maffia, «Estructura y propiedades de las aleaciones,» 2013.

- [11] I. Metals, «IDN METALS,» 2010. [En línea]. Available:
<http://idnmetals.com/metales/aluminio>. [Último acceso: 2017].
- [12] E. Benavides, Diseño de un dispositivo experimental de maquinado para aleaciones de aluminio silicio, Nuevo Leon, 2012.
- [13] A. Lema, Estudio y Obtención de una Aleación Liviana para la Fabricación de un Bloque de Motor de Combustión Interna de dos Tiempos, Quito, 2016.
- [14] K. Paucar, comportamiento a la corrosión de aleaciones Mg-Al con elementos lantánidos, Madrid: Tesis, 2013.
- [15] P. Casajús, MEJORA DEL COMPORTAMIENTO A LA CORROSIÓN DE ALEACIONES DE Mg MEDIANTE RECUBRIMIENTOS PROTECTORES REALIZADOS POR PROYECCIÓN TÉRMICA Y LÁSER, Madrid : Tesis, 2010.
- [16] Á. Caravantes, «Materiales no Ferrosos,» 2011.
- [17] M. Herrera, formación de dispersoides en moliendas de Al empleando atmósferas combinadas de vacío y flujo de amoníaco, Sevilla: Departamento de Ingeniería mecánica y de los materiales, 2011.
- [18] F. Devesa, Estudio de las propiedades microestructurales y mecánicas de aleaciones de Ti-Mo obtenidas por pulvimetalurgia, València: Trabajo de Investigación , 2011.
- [19] C. Marín, «Pulvimetalurgia en busca de nuevos materiales,» *Metal Actual*, n° 17, p. 102, 2010.
- [20] A. Rivera, ESTUDIO DEL RECOCIDO EN LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS, Ambato: Tesis, 2014.
- [21] Ibertest, «Máquina Universal,» p. 21, 2009.

- [22] S. Santana, ESTUDIO DE LA ALEACION DE ZnAl PARA DETERMINAR SU APLICACIÓN INDUSTRIAL, Ambato: Tesis, 2015.
- [23] A. Maroto, «EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA),» Universidad Rovira, Tàrragona , 2014.
- [24] A. Morillas, «ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR),» MADRID, 2010.
- [25] ASTM, Normas para ensayo de materiales.
- [26] B. SL, «BRONCESVAL,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.broncesval.com/productos/aluminio-def/91-aluminio-aleacion-magnesio-5086>. [Último acceso: 27 12 2017].
- [27] R. Milne, Recuperación pulvimetalurgica de aleación de magnesio AZ91D con fines estructurales, Córdoba: Tesis, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1: Espectrometría del aluminio.

ANEXO 2: Espectrometría del magnesio.

ANEXO 3: Norma para ensayo de tracción ASTM E 08.

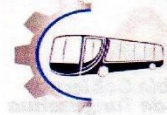
ANEXO 4: Norma para ensayo de dureza ASTM E 10

ANEXO 5: Norma para ensayo de impacto ASTM E 23

ANEXO 6: Informe técnico del ensayos de tracción del material aluminio magnesio.

ANEXO 7. Informe técnico del ensayo de impacto del material aluminio magnesio.

Anexo 1. Espectrometría del aluminio



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS **ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA. ESPECTROMETRÍA POR** **FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

INFORME DE RESULTADOS N°: 050301174420170607-ERX

DATOS GENERALES

N° de proforma: EN_005
Designación del material: Aleación aluminio- babbitt.
Empresa / Cliente: Jaime Andrés Beltrán Acurio.
RUC/C.I.: 0503011744
Dirección: Juan León Mera y Alberto Barea, Cdla. Rumipamba. **Ciudad:** Ambato.
Teléfono: 0997538607.
Correo: andresbeltran9209@gmail.com
Fecha de Inicio de Ensayo: 20 de noviembre de 2017.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en las probetas de: Material metálico. El material fue recibido en el Laboratorio de Ensayos No destructivos (END) del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Descripción	Cantidad
1	050301174420170607-ERX 01	Probeta	1
2	050301174420170607-ERX 02	Probeta	1
3	050301174420170607-ERX 03	Probeta	1

Observaciones: Los resultados de composición química 050301174420170607-ERX 03 corresponden a la probeta 050301174420171114-ETM 02-1 del ensayo de tracción.

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

Fecha de entrega de Informe: Ambato, 21 de noviembre de 2017.
N°. Factura: 001-002-000002818

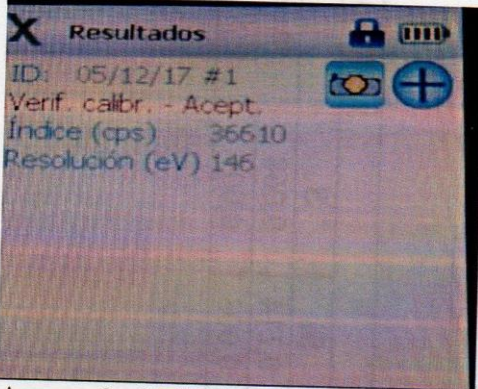
Código: RG-EN- 001
 Fecha de Elaboración:08-06-2017
 Fecha de última aprobación: 11- 17 -2017
 Revisión: 2

ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.
 ESPECTROMETRÍA POR
 FLUORESCENCIA DE RAYOS X

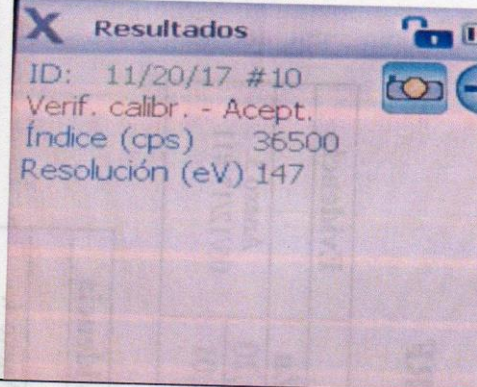
Página 1 de 4

Anexos.

Anexo 1. 05/12/17 #1



Anexo 2. 11/20/17 #10



Anexo 3. 05/12/17 #11

Res.-Alloy-Window Gu

05/12/17 #11
4.9 sec

ELEMENTC%		+/-
Sn	87.14	0.13
Sb	7.80	0.11
Cu	3.59	0.06
Pb	0.83	0.02
Fe	0.44	0.05
Zn	0.20	0.01

Verif. calibr. requerida 10:30

Anexo 4. 05/12/17 #12

Res.-Alloy-Window Gu

05/12/17 #12
4.9 sec

6053-plus N.C. 1.1

May mix w 1100 or low copp

cast grades - 2 beam test will sor

ELEMENTC%		+/-
LE	99.674	0.010
Fe	0.216	0.009
Zn	0.109	0.003

Anexo 5. 11/20/17 #12

Res.-Aleación sup.

11/20/17 #12
34.4 sec

Ningún grado p/ corresp.

ELEMENTC%		+/-
Sn	88.26	0.15
Sb	5.31	0.11
Cu	3.01	0.06
Fe	2.57	0.09
Zn	0.30	0.02
Pb	0.20	0.01
P	0.168	0.004
Si	0.114	0.008
S	0.068	0.005



ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	050301174420170607-ERX 01	Cumple criterios dimensionales.	05/10/17	05/12/17
2	050301174420170607-ERX 02	Cumple criterios dimensionales.	05/10/17	05/12/17
3	050301174420170607-ERX 03	Cumple criterios dimensionales.	17/11/2017	20/11/2017

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con las dimensiones determinadas por el método desarrollado por el laboratorio.

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

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.



VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END)

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

Fecha de verificación: 20 de noviembre de 2017.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Realizado por: Ing. Fernando Galarza

ID: 05/12/17 #1 Evidencia. Anexo 1. 05/12/17 #1

ID: 11/20/17 #10 Evidencia. Anexo 2. 11/20/17 #10

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C # Serie: 541828

Patrón de calibración: Acero inoxidable 316. OLYMPUS

Serie: 781-419-3900 Analytical Instruments

Código de identificación del patrón de verificación: Waltham, MA 02453

Método de utilizado: Comparación por Fluorescencia de Rayos X (XRF) por energía dispersiva (ED) de Materiales

Resultado de la Verificación: Aceptada

Hora: 12 horas 50 minutos

Temperatura del ensayo: 17 °C

Conteos por segundo: 33610

Resolución (EV): 146

MÉTODO DE ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END).

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

Código del Informe: 050301174420170607-ERX

Fecha de Finalización de Ensayo: 20 de noviembre de 2017.

Tipo de ensayo: Cuantitativo, cualitativo.

Método de ensayo: ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C # Serie: 541828

Temperatura del ensayo: 17° C

Energía: 40 keV

Precisión: 0,01 **Corriente de funcionamiento:** 0.2 mA



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

Informe N°: 050301174420170607-ERX	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Jaime Andrés Beltrán Acurio.	
DIRECCIÓN: Juan León Mera y Alberto Barea, Cda. Rumipamba.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 0503011744	TELÉFONO: 0997538607
E-MAIL: andresbeltran9209@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Ensayos no destructivos.
Designación del material: Material metálico.
Método de ensayo: ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Descripción	Cantidad
1	050301174420170607-ERX 01	Probeta	1
2	050301174420170607-ERX 02	Probeta	1
3	050301174420170607-ERX 03	Probeta	1

Nota: Las probetas fueron fabricadas según norma mencionada, de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA XRF

Probeta	Elementos						Evidencia
	Sn	Sb	Cu	Pb	Fe	Zn	
050301174420170607-ERX 01	% Contenido	87,14	7,80	3,59	0,83	0,44	Anexo 3, 05/12/17 #11
	+/- Error	0,13	0,11	0,06	0,02	0,05	

Probeta	Elementos			Evidencia
	LE	Fe	Zn	
050301174420170607-ERX 02	% Contenido	99,674	0,216	Anexo 4, 05/12/17 #12
	+/- Error	0,010	0,009	

Probeta	Elementos										Evidencia
	Sn	Sb	Cu	Fe	Zn	Pb	P	Si	S		
050301174420170607-ERX 03	% Contenido	88,26	5,31	3,01	2,57	0,30	0,20	0,168	0,114	0,068	Anexo 5, 11/20/17 #12
	+/- Error	0,15	0,11	0,06	0,09	0,02	0,01	0,004	0,008	0,005	

Código: RG-EN- 001
Fecha de Elaboración:08-06-2017
Fecha de última aprobación: 11- 17 -2017
Revisión: 2

ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.
ESPECTROMETRÍA POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Página 3 de 4

Anexo 2. Espectrometría del magnesio.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

Informe N°: 180447473020171208-ERX	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Diego Salvador Carrera Ramos.	
DIRECCIÓN: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804474730	TELÉFONO: 0998466939.
E-MAIL: dscarrerar@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Ensayos no destructivos.
Designación del material: Polvos de magnesio.
Método de ensayo: ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Descripción	Material	Dimensiones (mm)	Cantidad
1	180447473020171208-ERX 01	Muestra	Material metálico	N/A	1
				Total	1

Nota: Las probetas fueron fabricadas según norma mencionada, de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.

Código RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN
DE PROBETAS

Página 1 de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	180447473020171208-ERX 01	Cumple criterios dimensionales.	10/12/2017	13/12/2017

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con las dimensiones determinadas por el método desarrollado por el laboratorio.

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

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

Código RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN
DE PROBETAS

Página 2 de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA. ESPECTROMETRÍA POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

INFORME DE RESULTADOS N°: 180447473020171208-ERX

DATOS GENERALES

N° de proforma: EN_2017_012
Designación del material: Polvos de magnesio.
Empresa / Cliente: Diego Salvador Carrera Ramos.
RUC/C.I.: 1804474730
Dirección: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico. **Ciudad:** Ambato.
Teléfono: 0998466939.
Correo: dscarrerar@gmail.com
Fecha de Inicio de Ensayo: 12 de diciembre de 2017.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en la muestra de: Polvos de magnesio. El material fue recibido en el Laboratorio de Ensayos No destructivos (END) del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

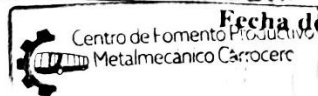
OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Descripción	Material	Dimensiones (mm)	Cantidad
1	180447473020171208-ERX 01	Muestra	Polvos de magnesio.	N/A	1
Total					1

Observaciones: Ninguna

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



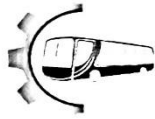
Fecha de entrega de Informe: Ambato, 13 de diciembre de 2017.

N°. Factura: 001-002-000003926

Código: RG-EN-001
Fecha de Elaboración: 08-06-2017
Fecha de última aprobación: 07-07-2017
Revisión: 1

ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.
ESPECTROMETRÍA POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Página 1 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END)
Dirección: Ambato/Catiglata. Rio de Janeiro y Toronto.
Fecha de verificación: 12 de diciembre de 2017.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Realizado por: Ing. Fernando Galarza

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C # Serie: 541828
Patrón de calibración: Acero inoxidable 316. OLYMPUS
Serie: 781-419-3900 Analytical Instruments
Código de identificación del patrón de verificación: Waltham, MA 02453
Método de utilizado: Comparación por Fluorescencia de Rayos X (XRF) por energía dispersiva (ED) de Materiales

Resultado de la Verificación: Aceptada
Hora: 12 horas 50 minutos
Temperatura del ensayo: 18 °C
Conteos por segundo: 33610
Resolución (EV): 146

MÉTODO DE ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END).
Dirección: Ambato/Catiglata. Rio de Janeiro y Toronto.
Código del Informe: 180447473020171208-ERX 01
Fecha de Finalización de Ensayo: 12 de diciembre de 2017.
Tipo de ensayo: Cuantitativo, cualitativo.
Método de ensayo: ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C # Serie: 541828
Temperatura del ensayo: 18° C **Energía:** 40 keV
Precisión: 0,01 **Corriente de funcionamiento:** 0.2 mA

Código: RG-EN-001
Fecha de Elaboración: 08-06-2017
Fecha de última aprobación: 07-07-2017
Revisión: 1

ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.
ESPECTROMETRÍA POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Página 2 de 4

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA XRF

Probeta	I.E. (MG)	Elementos				Evidencia
		Zn	Fe	Mn	Zr	
180447473020171208 ERX 01	98,44	0,92	0,33	0,30	0,0025	Anexo I,
	% Contenido ± Error	0,02	0,01	0,02	0,0003	12/11/17 #4

Nota: Las siglas ND significan que el elemento descrito (No se determinó). I.E: Elementos ligeros medidos.
En función de los datos técnicos comerciales del fabricante que proporciona el material y luego del análisis correspondiente. Se declara que el porcentaje de elementos ligeros encontrados en el espécimen corresponden al elemento (MG) de mayor concentración en el análisis de espectrometría.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Anexos.

Anexo 1. 12/11/17 #4

Res.-Aleación sup.

12/11/17 #4
5.0 sec

707214C 3.2

Elem %	±%	Spec. (7072)
LE	98.44	0.03 Sin especificar
Zn	0.92	0.02 [0.80-1.30]
Fe	0.33	0.01 [0.00-0.70]
Mn	0.30	0.02 [0.00-0.10]
Zr	0.0025	0.0003 Impurezas [0.05]



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS


Informe N°: 180447473020171208-ERX
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Sr. Diego Salvador Carrera Ramos.
DIRECCION: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico.
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804474730 TELÉFONO: 0998466939.
E-MAIL: dscarrerar@gmail.com

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio Ensayos no destructivos.

Designación del material: Polvos de magnesio.

Método de ensayo: ASTM E1085 2016; Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	170438531720171116-ERX 01	10/12/2017	13/12/2017	Cliente	Se entrega al cliente	

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

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

Anexo 3. Norma para ensayo de tracción ASTM E 08.

NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information.



Designation: E 8M – 00b
METRIC

An American National Standard

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

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

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

1. Scope *

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

NOTE 1—These test methods are the metric companion of Test Methods E 8. Committee E-28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style manual.

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

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

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

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

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 356/A356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines²

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³

B 557M Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products [Metric]⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials⁵

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁶

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil⁵

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵

3. Terminology

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

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

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

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

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

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

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

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

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

Copyright © ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States.

slope reaches zero, the material has 0 % YPE.

4. Significance and Use

4.1 Tension tests provide information on the strength and ductility of materials under uniaxial tensile stresses. This information may be useful in comparisons of materials, alloy development, quality control, and design under certain circumstances.

4.2 The results of tension tests of specimens machined to standardized dimensions from selected portions of a part or material may not totally represent the strength and ductility properties of the entire end product or its in-service behavior in different environments.

4.3 These test methods are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments. The test methods have been used extensively in the trade for this purpose.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machines*—Machines used for tension testing shall conform to the requirements of Practices E 4. The forces used in determining tensile strength and yield strength shall be within the verified force application range of the testing machine as defined in Practices E 4.

5.2 *Gripping Devices*:

5.2.1 *General*—Various types of gripping devices may be used to transmit the measured force applied by the testing machine to the test specimens. To ensure axial tensile stress within the gage length, the axis of the test specimen should coincide with the center line of the heads of the testing machine. Any departure from this requirement may introduce bending stresses that are not included in the usual stress computation (force divided by cross-sectional area).

NOTE 5—The effect of this eccentric force application may be illustrated by calculating the bending moment and stress thus added. For a standard 12.5-mm diameter specimen, the stress increase is 1.5 % for each 0.025 mm of eccentricity. This error increases to about 2.5 %/0.025 mm for a 9-mm diameter specimen and to about 3.2 %/0.025 mm for a 6-mm diameter specimen.

NOTE 6—Alignment methods are given in Practice E 1012.

5.2.2 *Wedge Grips*—Testing machines usually are equipped with wedge grips. These wedge grips generally furnish a satisfactory means of gripping long specimens of ductile metal and flat plate test specimens such as those shown in Fig. 1. If, however, for any reason, one grip of a pair advances farther than the other as the grips tighten, an undesirable bending stress may be introduced. When liners are used behind the wedges, they must be of the same thickness and their faces must be flat and parallel. For best results, the wedges should be supported over their entire lengths by the heads of the testing machine. This requires that liners of several thicknesses be available to cover the range of specimen thickness. For proper gripping, it is desirable that the entire length of the serrated face of each wedge be in contact with the specimen. Proper alignment of wedge grips and liners is illustrated in Fig. 2. For short specimens and for specimens of many materials, it is generally necessary to use machined test specimens and to use a special means of gripping to ensure that the specimens, when under load, shall be as nearly as possible in uniformly distributed pure axial tension (see 5.2.3, 5.2.4, and 5.2.5).

5.2.3 *Grips for Threaded and Shouldered Specimens and Brittle Materials*—A schematic diagram of a gripping device for threaded-end specimens is shown in Fig. 3, while Fig. 4 shows a device for gripping specimens with shouldered ends. Both of these gripping devices should be attached to the heads of the testing machine through properly lubricated spherical-seated bearings. The distance between spherical bearings should be as great as feasible.

5.2.4 *Grips for Sheet Materials*—The self-adjusting grips shown in Fig. 5 have proved satisfactory for testing sheet materials that cannot be tested satisfactorily in the usual type of wedge grips.

5.2.5 *Grips for Wire*—Grips of either the wedge or snubbing types as shown in Fig. 5 and Fig. 6 or flat wedge grips may be used.

5.3 *Dimension-Measuring Devices*—Micrometers and other devices used for measuring linear dimensions shall be accurate and precise to at least one half the smallest unit to which the individual dimension is required to be measured.

5.4 *Extensometers*—Extensometers used in tension testing shall conform to the requirements of Practice E 83 for the classifications specified by the procedure section of this test method. Extensometers shall be used and verified to include strains corresponding to the yield strength and elongation at fracture (if determined).

5.4.1 Extensometers with gage lengths equal to or shorter than the nominal gage length of the specimen (dimensions shown as “G-Gage Length” in the accompanying figures) may be used to determine the yield behavior. For specimens without a reduced section (for example, full cross sectional area specimens of wire, rod, or bar), the extensometer gage length for the determination of yield behavior shall not exceed 80 % of the distance between grips. For measuring elongation at fracture with an appropriate extensometer the gage length of the extensometer shall be equal to the nominal gage length required for the specimen being tested.

6. Test Specimens

6.1 *General*:

6.1.1 *Specimen Size*—Test specimens shall be either substantially full size or machined, as prescribed in the product specifications for the material being tested.

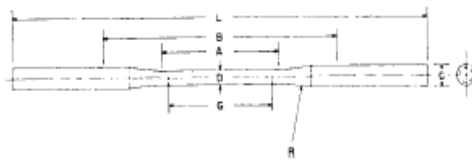
6.1.2 *Location*—Unless otherwise specified, the axis of the test specimen shall be located within the parent material as follows:

6.1.2.1 At the center for products 40 mm or less in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.2.2 Midway from the center to the surface for products over 40 mm in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.3 *Specimen Machining*—Improperly prepared test specimens often are the reason for unsatisfactory and incorrect test results. It is important, therefore, that care be exercised in the preparation of specimens, particularly in the machining, to maximize precision and minimize bias in test results.

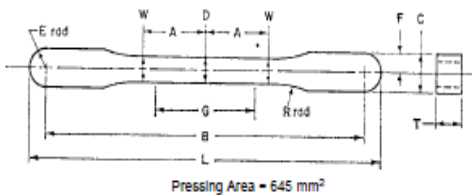
6.1.3.1 The reduced sections of prepared specimens should be free of cold work, notches, chatter marks, grooves, gouges, burrs, rough surfaces or edges, overheating, or any other condition which may deleteriously affect the properties to be measured.



Dimensions, mm	
G—Gage length	50.0 ± 0.1
D—Diameter (see Note)	6.4 ± 0.1
R—Radius of fillet, min	75
A—Length of reduced section, min	60
L—Overall length, min	230
B—Distance between grips, min	115
C—Diameter of end section, approximate	10

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 0.1 mm larger in diameter than the center.

FIG. 18 Standard Tension Test Specimen for Die Castings



NOTE 1—Dimensions specified, except G and T, are those of the die.

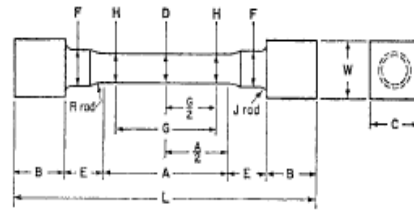
Dimensions, mm	
G—Gage length	25.40 ± 0.8
D—Width at center	5.72 ± 0.03
W—Width at end of reduced section	5.97 ± 0.03
T—Compact to this thickness	3.56 to 6.35
R—Radius of fillet	25.4
A—Half-length of reduced section	15.88
B—Grip length	60.95 ± 0.03
L—Overall length	89.64 ± 0.03
C—Width of grip section	8.71 ± 0.03
F—Half-width of grip section	4.34 ± 0.03
E—End radius	4.34 ± 0.03

FIG. 19 Standard Flat Unmachined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (P/M) Products

devices for the measurement and control of rate of straining, but in the absence of such a device the average rate of straining can be determined with a timing device by observing the time required to effect a known increment of strain.

7.6.2.2 *Rate of Stressing*—The allowable limits for rate of stressing shall be specified in megapascals per second. Many testing machines are equipped with pacing or indicating devices for the measurement and control of the rate of stressing, but in the absence of such a device the average rate of stressing can be determined with a timing device by observing the time required to apply a known increment of stress.

7.6.2.3 *Rate of Separation of Heads During Tests*—The allowable limits for rate of separation of the heads of the testing machine, during a test, shall be specified in metres per metre of length of reduced section (or distance between grips for specimens not having reduced sections) per second. The



Approximate Pressing Area of Unmachined Compact = 752 mm²

- Machining Recommendations**
1. Rough machine reduced section to 6.35 mm diameter
 2. Finish turn 4.75/4.85 mm diameter with radii and taper
 3. Polish with 00 emery cloth
 4. Lap with crocus cloth

Dimensions, mm	
G—Gage length	25.40 ± 0.8
D—Diameter at center of reduced section	4.75 ± 0.03
H—Diameter at ends of gage length	4.85 ± 0.03
R—Radius of fillet	6.35 ± 0.13
A—Length of reduced section	47.63 ± 0.13
L—Overall length (die cavity length)	75, nominal
B—Length of end section	7.88 ± 0.13
C—Compact to this end thickness	10.03 ± 0.13
W—Die cavity width	10.03 ± 0.08
E—Length of shoulder	6.35 ± 0.13
F—Diameter of shoulder	7.88 ± 0.03
J—End fillet radius	1.27 ± 0.13

NOTE 1—The gage length and fillets of the specimen shall be as shown. The ends as shown are designed to provide a practical minimum pressing area. Other end designs are acceptable, and in some cases are required for high-strength sintered materials.

NOTE 2—It is recommended that the test specimen be gripped with a split collet and supported under the shoulders. The radius of the collet support circular edge is to be not less than the end fillet radius of the test specimen.

NOTE 3—Diameters D and H are to be concentric within 0.03 mm total indicator runout (T.I.R.), and free of scratches and tool marks.

FIG. 20 Standard Round Machined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (P/M) Products

limits for the rate of separation may be further qualified by specifying different limits for various types and sizes of specimens. Many testing machines are equipped with pacing or indicating devices for the measurement and control of the rate of separation of the heads of the machine during a test, but in the absence of such a device the average rate of separation of the heads can be experimentally determined by using suitable length-measuring and timing devices.

7.6.2.4 *Elapsed Time*—The allowable limits for the elapsed time from the beginning of force application (or from some specified stress) to the instant of fracture, to the maximum force, or to some other stated stress, shall be specified in minutes or seconds. The elapsed time can be determined with a timing device.

7.6.2.5 *Free-Running Crosshead Speed*—The allowable limits for the rate of movement of the crosshead of the testing machine, with no force applied by the testing machine, shall be specified in metres per metre of length of reduced section (or distance between grips for specimens not having reduced sections) per second. The limits for the crosshead speed may be further qualified by specifying different limits for various types and sizes of specimens. The average crosshead speed can be

experimentally determined by using suitable length-measuring and timing devices.

NOTE 21—For machines not having crossheads or having stationary crossheads, the phrase “free-running crosshead speed” may be interpreted to mean the free-running rate of grip separation.

7.6.3 Speed of Testing When Determining Yield Properties—Unless otherwise specified, any convenient speed of testing may be used up to one half the specified yield strength or up to one quarter the specified tensile strength, whichever is smaller. The speed above this point shall be within the limits specified. If different speed limitations are required for use in determining yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area, they should be stated in the product specifications. In the absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply:

NOTE 22—In the previous and following paragraphs, the yield properties referred to include yield strength and yield point elongation.

7.6.3.1 The speed of testing shall be such that the forces and strains used in obtaining the test results are accurately indicated.

7.6.3.2 When performing a test to determine yield properties, the rate of stress application shall be between 1.15 and 11.5 MPa/s.

NOTE 23—When a specimen being tested begins to yield, the stressing rate decreases and may even become negative in the case of a specimen with discontinuous yielding. To maintain a constant stressing rate in this case would require the testing machine to operate at extremely high speeds and, in many cases, this is not practical. The speed of the testing machine shall not be increased in order to maintain a stressing rate when the specimen begins to yield. In practice, it is simpler to use either a strain rate, a rate of separation of the heads, or a free-running crosshead speed which approximates the desired stressing rate. As an example, use a strain rate that is less than 11.5 MPa/s divided by the nominal Young’s Modulus of the material being tested. As another example, find a rate of separation of the heads through experimentation which would approximate the desired stressing rate prior to the onset of yielding, and maintain that rate of separation of the heads through the region that yield properties are determined. While both of these methods will provide similar rates of stressing and straining prior to the onset of yielding, the rates of stressing and straining may be different in the region where yield properties are determined. This difference is due to the change in the rate of elastic deformation of the testing machine, before and after the onset of yielding. In addition, the use of any of the methods other than rate of straining may result in different stressing and straining rates when using different testing machines, due to differences in the stiffness of the testing machines used.

7.6.4 Speed of Testing When Determining Tensile Strength—In the absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply for materials with expected elongations greater than 5%. When determining only the tensile strength, or after the yield behavior has been recorded, the speed of the testing machine shall be set between 0.05 and 0.5 m/m of the length of the reduced section (or distance between the grips for specimens not having reduced sections) per minute. Alternatively, an extensometer and strain rate indicator may be used to set the strain between 0.05 and 0.5 m/m/min.

NOTE 24—For materials with expected elongations less than or equal to 5%, the speed of the testing machine may be maintained throughout the test at the speed used to determine yield properties.

NOTE 25—Tensile strength and elongation are sensitive to test speed for many materials (see Appendix XI) to the extent that variations within the range of test speeds given above can significantly affect results.

7.7 Determination of Yield Strength—Determine yield strength by any of the methods described in 7.7.1 to 7.7.4. Where extensometers are employed, use only those which are verified over a strain range in which the yield strength will be determined (see 5.4).

NOTE 26—For example, a verified strain range of 0.2 to 2.0% is appropriate for use in determining the yield strengths of many metals.

NOTE 27—Determination of yield behavior on materials which cannot support an appropriate extensometer (thin wire, for example) is problematic and outside the scope of this standard.

7.7.1 Offset Method—To determine the yield strength by the offset method, it is necessary to secure data (autographic or numerical) from which a stress-strain diagram may be drawn. Then on the stress-strain diagram (Fig. 21) lay off Om equal to the specified value of the offset, draw mn parallel to OA , and thus locate r , the intersection of mn with the stress-strain diagram (Note 33). In reporting values of yield strength obtained by this method, the specified value of offset used should be stated in parentheses after the term yield strength, as follows:

$$\text{yield strength (offset} = 0.2\%) = 360 \text{ MPa} \quad (3)$$

In using this method, a Class B2 or better extensometer (see Practice E 83) shall be used.

NOTE 28—There are two general types of extensometers, averaging and non-averaging, the use of which is dependent on the product tested. For most machined specimens, there are minimal differences. However, for some forgings and tube sections, significant differences in measured yield strength can occur. For these cases, it is recommended that the averaging type be used.

NOTE 29—When there is a disagreement over yield properties, the

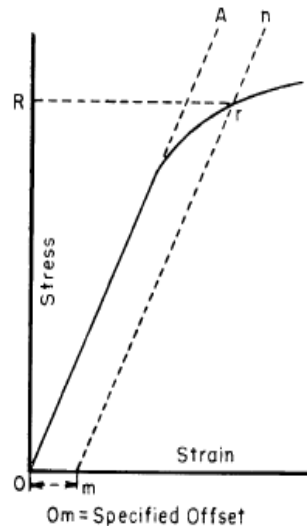



FIG. 21 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Offset Method

NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information.

 Designation: E 10 – 00

American Association State Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: T70-96

Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 10; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope

1.1 This test method (Part A) covers the determination of the Brinell hardness of metallic materials, including methods for the verification of Brinell hardness testing machines (Part B) and the calibration of standardized hardness test blocks (Part C).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

NOTE 1—In common terminology, the equivalent force in kgf is substituted for Newtons.

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

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines²
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications³
- E 74 Practice for Calibration of Force Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines²
- E 140 Hardness Conversion Tables for Metals²

3. Terminology

3.1 *Brinell hardness test*—An indenter (hardened steel ball or tungsten carbide ball with diameter D) is forced into the surface of a test piece and the diameter of the indentation d left in the surface after removal of the test force, F , is measured. (See Table 1 and Fig. 1 and Fig. 2.)

DISCUSSION 1—The steel or tungsten carbide ball may be used for materials with a Brinell hardness not exceeding 450.

DISCUSSION 2—The tungsten carbide ball shall be used for materials with a Brinell hardness greater than 450 and less than or equal to 650.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-28 on Mechanical Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E28.06 on Indentation Hardness Testing.

Current edition approved Jan. 10, 2000. Published April 2000. Originally published as E 10 – 24 T. Last previous edition E 10 – 98.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 14.02.

TABLE 1 Symbols and Designations

Symbol	Designation
D	Diameter of the ball, mm
F	Test force, N
d	Mean diameter of the indentation, mm
h	Depth of the indentation, mm
HBS or HBW	Brinell hardness
	$= \text{Constant} \times \frac{\text{Test force}}{\text{Surface area of indentation}}$ $= 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

DISCUSSION 3—For Brinell hardnesses above 450, a significant difference is observed between results obtained using steel balls and those obtained using tungsten carbide balls.

3.2 *Brinell hardness number*—A number which is proportional to the quotient obtained by dividing the test force by the curved surface area of the indentation which is assumed to be spherical and of the diameter of the ball.

$$\text{HBS or HBW} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{See Table 1}) \quad (1)$$

where:

- D = diameter of the ball, mm,
- F = test force, N, and
- d = mean diameter of the indentation, mm.

The Brinell hardness is denoted by the following symbols:

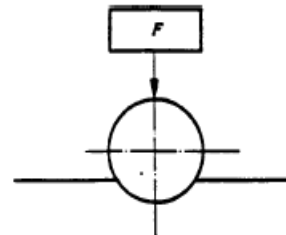


FIG. 1 Principle of Test

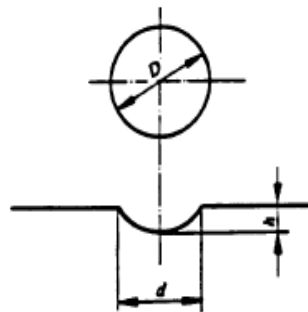


FIG. 2 Principle of Test

HBS in cases where a steel ball is used.
 HBW in cases where a tungsten carbide ball is used.

NOTE 2—In former standards, in cases when a steel ball was used, the Brinell hardness was denoted by HB.

NOTE 3—The symbol HBS or HBW is preceded by the hardness value. When conditions other than those specified in 11.1.2 are used, the hardness value is supplemented by an index indicating the test conditions in the order:

- (1) Diameter of the ball, in millimetres,
- (2) A value representing the test force in kilogram-force (see Table 3), and
- (3) Duration of loading, in seconds.

Examples:

350 HBS 5/750 = Brinell hardness of 350 determined with a steel ball of 5-mm diameter and with a test force of 7.355 kN (750 kgf) applied for 10 to 15 s.
 600 HBW 1/30/20 = Brinell hardness of 600 determined with a tungsten carbide ball of 1-mm diameter and with a test force of 294.2 N (30 kgf) applied for 20 s.

Brinell hardness numbers vary with the test force used; however, test results will generally be in agreement when the ratio of the test force to the square of the ball diameter is held constant (see Table 3).

Table 2 lists the Brinell hardness numbers corresponding to various diameters of indentations for 29.4 kN (3000 kgf), 14.7 kN (1500 kgf), and 4.90 kN (500 kgf) test forces making it unnecessary to calculate for each test the value of the Brinell hardness number by the above equation in Table 1 when these forces are used with a 10-mm diameter ball.

3.3 *verification*—checking or testing to assure conformance with the specification.

3.4 *calibration*—adjustment of the significant parameters by comparison with values indicated by a reference instrument or by a set of reference standards.

4. Significance and Use

4.1 The Brinell hardness test is an empirical indentation hardness test. Brinell hardness tests provide useful information about metallic materials. This information may correlate to tensile strength, wear resistance, ductility, or other physical characteristics of metallic materials, and may be useful in quality control and selection of materials. Brinell hardness testing at the specific location on a part may not represent the physical characteristics of the whole part or end product. Brinell hardness tests are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments, and they have been used extensively in industry for this purpose.

A. GENERAL DESCRIPTION AND TEST PROCEDURE FOR BRINELL HARDNESS TESTS

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—Equipment for Brinell hardness testing usually consists of a testing machine which supports the test specimen and applies an indenting force to a ball in contact with the specimen. The design of the testing machines shall be such that no rocking or lateral movement of the indenter or specimen occurs while the force is being applied. The design of the testing machine shall ensure that the force to the indenter shall be applied smoothly and without impact forces. Precautions shall be taken to prevent a momentary high test force caused by the inertia of the system, hydraulic system overshoot, etc. See equipment manufacturer's instruction manual for a description of the machine's characteristics, limitations, and respective operating procedure.

5.2 Brinell Balls:

5.2.1 The standard ball for Brinell hardness testing shall be 10.000 mm in diameter with a deviation from this value of not more than 0.005 mm in any diameter. The ball shall be polished and free of surface defects. Smaller balls having the diameters and tolerances indicated in Table 4 may be also used provided the precautions set forth in 8.1 are observed.

5.2.2 A hardened steel ball having a hardness of at least 746 HV10 using a 98.07-N (10-kgf) test force (see Table 8) may be used on material having a Brinell hardness value not over 450, or a tungsten carbide ball having a hardness of 1500 HV10 on material over 450.

NOTE 4—**Caution:** The Brinell test is not recommended for material having hardness over 650 HBW (see 8.1).

5.2.2.1 The chemical composition of tungsten carbide balls shall be:

Tungsten Carbide (WC)	Balance
Cobalt (Co)	5.0 to 7.0 %
Total other Carbides	2.0 % max

NOTE 5—In order to conform with future ISO standards there will be a proposal to eliminate the use of steel balls and only use tungsten carbide balls for this test method.

5.2.3 If a ball is used in a test of a specimen which shows a Brinell hardness number greater than the limit for the ball as detailed in 5.2.2, the results of the test shall be considered invalid and the ball shall be discarded.

5.3 *Measuring Device*—The divisions of the micrometer scale of the microscope or other measuring devices used for the measurement of the diameter of the indentations shall be such as to permit the direct measuring of the diameter to 0.1 mm and the estimation of the diameter to 0.05 mm.

NOTE 6—This requirement applies to the construction of the device only and is not a requirement for measurement of the indentation.

6. Test Specimen

6.1 There is no standard shape or size for a Brinell test specimen. The specimen upon which the indentation is made shall conform to the following:

6.1.1 *Thickness*—The thickness of the specimen tested shall be such that no bulge or other marking showing the effect of

TABLE 3 Test Conditions

Hardness Symbol	Ball Diameter D , mm	$0.102 F/D^2$	Test Force F Nominal Value	
HBS (HBW) 10/3000	10	30	29.42	kN - (3000 kgf)
HBS (HBW) 10/1500	10	15	14.71	kN - (1500 kgf)
HBS (HBW) 10/1000	10	10	9.807	kN - (1000 kgf)
HBS (HBW) 10/500	10	5	4.903	kN - (500 kgf)
HBS (HBW) 10/250	10	2.5	2.452	kN - (250 kgf)
HBS (HBW) 10/125	10	1.25	1.226	kN - (125 kgf)
HBS (HBW) 10/100	10	1	980.7	N - (100 kgf)
HBS (HBW) 5/750	5	30	7.355	kN - (750 kgf)
HBS (HBW) 5/250	5	10	2.452	kN - (250 kgf)
HBS (HBW) 5/125	5	5	1.226	kN - (125 kgf)
HBS (HBW) 5/62.5	5	2.5	612.9	N - (62.5 kgf)
HBS (HBW) 5/31.25	5	1.25	306.5	N - (31.25 kgf)
HBS (HBW) 5/25	5	1	245.2	N - (25 kgf)
HBS (HBW) 2.5/187.5	2.5	30	1.839	kN - (187.5 kgf)
HBS (HBW) 2.5/62.5	2.5	10	612.9	N - (62.5 kgf)
HBS (HBW) 2.5/31.25	2.5	5	306.5	N - (31.25 kgf)
HBS (HBW) 2.5/15.625	2.5	2.5	153.2	N - (15.625 kgf)
HBS (HBW) 2.5/7.8125	2.5	1.25	76.61	N - (7.8125 kgf)
HBS (HBW) 2.5/6.25	2.5	1	61.29	N - (6.25 kgf)
HBS (HBW) 2/120	2	30	1.177	kN - (120 kgf)
HBS (HBW) 2/40	2	10	392.3	N - (40 kgf)
HBS (HBW) 2/20	2	5	196.1	N - (20 kgf)
HBS (HBW) 2/10	2	2.5	98.07	N - (10 kgf)
HBS (HBW) 2/5	2	1.25	49.03	N - (5 kgf)
HBS (HBW) 2/4	2	1	39.23	N - (4 kgf)
HBS (HBW) 1/30	1	30	294.2	N - (30 kgf)
HBS (HBW) 1/10	1	10	98.07	N - (10 kgf)
HBS (HBW) 1/5	1	5	49.03	N - (5 kgf)
HBS (HBW) 1/2.5	1	2.5	24.52	N - (2.5 kgf)
HBS (HBW) 1/1.25	1	1.25	12.26	N - (1.25 kgf)
HBS (HBW) 1/1	1	1	9.807	N - (1 kgf)

TABLE 4 Tolerances for Brinell Hardness Balls

Ball Diameter, mm	Tolerance, mm
10	± 0.005
5	± 0.004
2.5	± 0.003
2	± 0.003
1	± 0.003

TABLE 5 Minimum Thickness Requirements for Brinell Hardness Tests

Minimum Thickness of Specimen	Minimum Hardness for Which the Brinell Test May Safely Be Made	Minimum Thickness Requirements for Brinell Hardness Tests		
		3000-kgf Load	1500-kgf Load	500-kgf Load
in.	mm			
1/16	1.6	602	301	100
1/8	3.2	301	150	50
3/16	4.8	201	100	33
1/4	6.4	150	75	25
5/16	8.0	120	60	20
3/8	9.6	100	50	17

7. Verification of Testing Machine

7.1 *Verification Methods*—The hardness testing machine shall be verified in accordance with one of the two acceptable methods of verifying Brinell hardness testing machines as given in Part B.

7.2 *Test Force Range*—When direct verification is used, the

TABLE 6 Hardness Ranges Used By Standard Test Block Method

Steel Ball	Hardmetal Ball
100 to 200 HBS	100 to 200 HBW
250 to 350 HBS	300 to 400 HBW
	500 to 600 HBW

TABLE 7 Standard Test Forces

Ball Diameter, mm	Force	Recommended Range, HB
10	29.42 kN (3000 kgf)	96 to 600
10	14.7 kN (1500 kgf)	48 to 300
10	4.90 kN (500 kgf)	16 to 100

TABLE 8 Mean Diagonal with Vickers Indenter

Ball Diameter, mm	Maximum Value of Mean Diagonal Made on the Steel Ball with a Vickers Indenter at 98.07 N (HV 10), mm
10	0.146
5	0.145
2.5	0.143
2	0.142
1	0.139

Brinell hardness testing machine is acceptable for use over a test force range within which the error in test force does not exceed $\pm 1\%$. When indirect verification is used, the Brinell hardness machine is acceptable for use over a test force range within which the mean hardness value obtained is within $\pm 3\%$ of the Brinell hardness of the standardized test blocks used.

8. Procedure

8.1 *Magnitude of Test Force*—Typically, the force in the standard Brinell test shall be 29.42 kN (3000 kgf), 14.7 kN (1500 kgf), or 4.90 kN (500 kgf). It is recommended that the diameter of the indentation be between 24 and 60 % of the ball diameter. A lower limit in indentation diameter is necessary because of the risk in damaging the ball and difficulty measuring the indentation. The upper limit is necessary because of a reduction in sensitivity as the diameter of the indentation approaches the ball diameter. The thickness and spacing requirements of 6.1.1, 6.1.2, and 8.3 may determine the maximum permissible diameter of indentation for a specific test. Table 7 gives standard test forces and approximate Brinell hardness numbers for the above range of indentation diameters. It is not mandatory that the Brinell test conform to these hardness ranges, but it should be realized that different Brinell hardness numbers may be obtained for a given material by using different forces on a 10-mm diameter ball. For the purpose of obtaining a continuous scale of values it may be desirable, however, to use a single force to cover the complete range of hardness for a given class of materials. For softer metals, forces of 2.45 kN (250 kgf), 1.23 kN (125 kgf), or 0.981 kN (100 kgf) are sometimes used. The force used shall be specifically stated in the test report (see 11.1.2).

8.1.1 For testing thin or small specimens, a ball less than 10 mm in diameter is sometimes used. Such tests (which are not

Anexo 5. Norma para ensayo de impacto ASTM E 23

NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information.



Designation: E 23 – 01

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see Annex A1) verifying Charpy impact machines (see Annex A2), optional test specimen configurations (see Annex A3), pre-cracking Charpy V-notch specimens (see Annex A4), designation of test specimen orientation (see Annex A5), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see Annex A6). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see Appendix X1), methods of measuring the center of strike (see Appendix X2), and the availability of Charpy V-notch verification specimens (see Appendix X3).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below -196°C (-320°F , 77°K).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods²

E 399 Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials³

E 604 Test Method for Dynamic Tear Energy of Metallic Materials³

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method²

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E2807 on Impact Testing.

Current edition approved April 10, 2001. Published June 2001. Originally published as E 23 – 33 T. Last previous edition E 23 – 00.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

E 1271 Practice for Qualifying Charpy Verification Specimens of Heat-treated Steel³

E 1313 Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals⁴

3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), an anvil or support on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in Appendix X1.

5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

6. Apparatus

6.1 General Requirements:

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in Annex A1.

6.2 Inspection and Verification

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in A2.2 and A2.3. The items listed in A2.2 must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.01.

indirectly, using verification specimens, are given in A2.4. Charpy impact machines must be verified annually.

7. Test Specimens

7.1 Configuration and Orientation:

7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification. Specimen orientation should be designated according to the terminology given in Annex A5.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen may not be equally satisfactory for soft nonferrous metals and hardened steels; therefore, many types of specimens are recognized. In general, sharper and deeper notches are required to distinguish differences in very ductile materials or when using low testing velocities.

7.1.3 The specimens shown in Figs. 1 and 2 are those most widely used and most generally satisfactory. They are particularly suitable for ferrous metals, excepting cast iron.⁵

7.1.4 The specimen commonly found suitable for die-cast alloys is shown in Fig. 3.

7.1.5 The specimens commonly found suitable for powdered metals (P/M) are shown in Figs. 4 and 5. The specimen

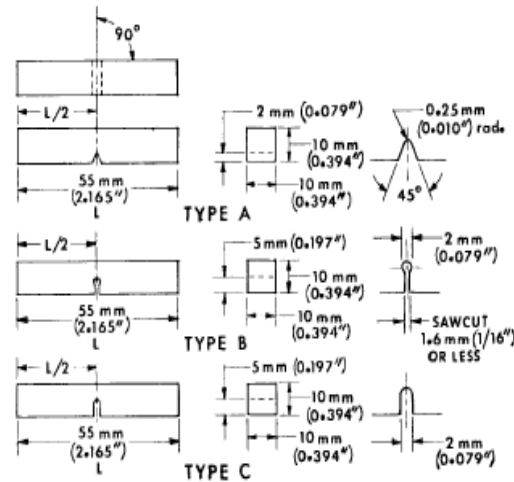
surface may be in the as-produced condition or smoothly machined, but polishing has proven generally unnecessary. Unnotched specimens are used with P/M materials. In P/M materials, the impact test results are affected by specimen orientation. Therefore, unless otherwise specified, the position of the specimen in the machine shall be such that the pendulum will strike a surface that is parallel to the compacting direction.

7.1.6 Sub-size and supplementary specimen recommendations are given in Annex A3.

7.2 Specimen Machining:

7.2.1 When heat-treated materials are being evaluated, the specimen shall be finish machined, including notching, after the final heat treatment, unless it can be demonstrated that the impact properties of specimens machined before heat treatment are identical to those machined after heat treatment.

7.2.2 Notches shall be smoothly machined but polishing has proven generally unnecessary. However, since variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests, adhering to the tolerances given in Fig. 1 is necessary (Appendix X1.2 illustrates the effects from varying notch dimensions on Type A specimens). In keyhole specimens, the round hole shall be carefully drilled with a slow feed rate. The slot may be cut by any feasible method, but care must be exercised in cutting the slot to ensure that the surface of the drilled hole opposite the slot is not damaged.

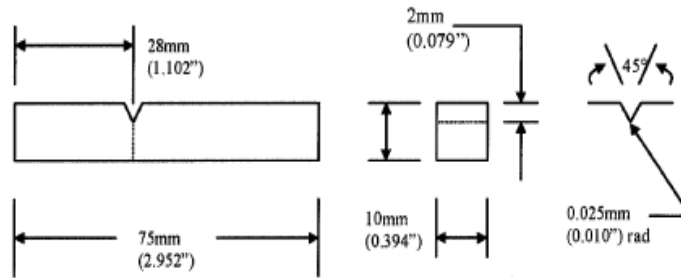


NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90° ± 2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Length of specimen (L)	+0, -2.5 mm (+0, -0.100 in.)
Centering of notch (L/2)	± 1 mm (± 0.039 in.)
Angle of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Notch depth:	
Type A specimen	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Types B and C specimen	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Finish requirements	2 μm (63 μin.) on notched surface and opposite face; 4 μm (125 μin.) on other two surfaces

FIG. 1 Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, Types A, B, and C

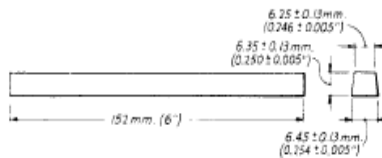
E 23



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90° ± 2°
Cross-section dimensions	±0.025 mm (±0.001 in.)
Length of specimen	+0, -2.5 mm (±0, -0.100 in.)
Angle of notch	±1°
Radius of notch	±0.025 mm (±0.001 in.)
Notch depth	±0.025 mm (±0.001 in.)
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Finish requirements	2 μm (63 μin.) on notched surface and opposite face; 4 μm (125 μin.) on other two surfaces

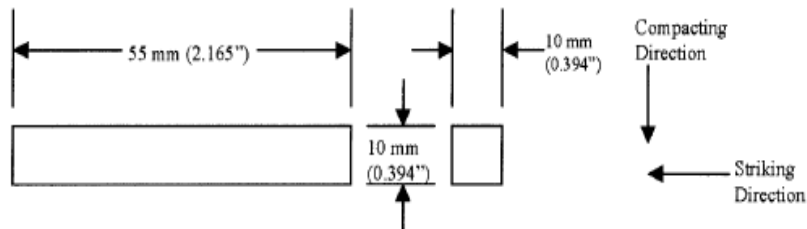
FIG. 2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen, Type D



NOTE 1—Two Izod specimens may be cut from this bar.

NOTE 2—Blow shall be struck on narrowest face.

FIG. 3 Izod Impact Test Bar for Die Castings Alloys



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross section dimensions	±0.125 mm (0.005 in.)
Length of specimen	+0, -2.5 mm (+0, -0.100 in.)

FIG. 4 Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimens for Metal Powder Structural Parts

7.2.3 Identification marks shall only be placed in the following locations on specimens: either of the 10-mm square ends; the side of the specimen that faces up when the specimen is positioned in the anvils (see Note 1); or the side of the specimen opposite the notch. No markings, on any side of the specimen, shall be within 15 mm of the center line of the notch. An electrostatic pencil may be used for identification purposes, but caution must be taken to avoid excessive heat.

NOTE 1—Careful consideration should be given before placing identification marks on the side of the specimen to be placed up when positioned

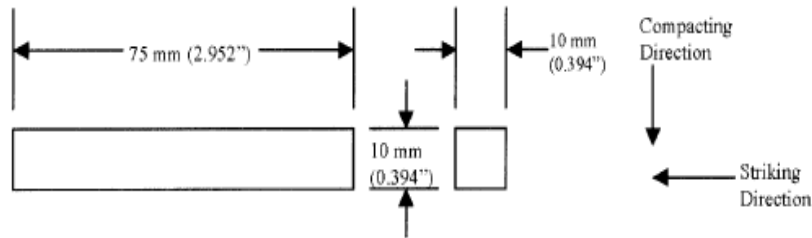
in the anvils. If the test operator is not careful, the specimen may be placed in the machine with the identification marking resting on the specimen supports. Under these circumstances, the absorbed energy value obtained may be unreliable.

8. Procedure

8.1 Preparation of the Apparatus:

8.1.1 Perform a routine procedure for checking impact machines at the beginning of each day, each shift, or just prior to testing on a machine used intermittently. It is recommended that the results of these routine checks be kept in a log book for

E 23



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10 \text{ min.}$
Cross section dimensions	$\pm 0.125 \text{ mm (0.005 in.)}$
Length of specimens	$+0, -2.5 \text{ mm (+0, -0.100 in.)}$

FIG. 5 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen for Metal Powder Structural Parts

the machine. After the testing machine has been ascertained to comply with Annex A1 and Annex A2, carry out the routine check as follows:

8.1.1.1 Visually examine the striker and anvils for obvious damage and wear.

8.1.1.2 Check the zero position of the machine by using the following procedure: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to near the maximum capacity of the range being used, release the pendulum, and read the indicated value. The pointer should indicate zero on machines reading directly in energy. On machines reading in degrees, the reading should correspond to zero on the conversion chart furnished by the machine manufacturer.

NOTE 2—On machines that do not compensate for windage and friction losses, the pointer will not indicate zero. In this case, the indicated values, when converted to energy, shall be corrected for frictional losses that are assumed to be proportional to the arc of swing.

8.1.1.3 To ensure that friction and windage losses are within allowable tolerances, the following procedure is recommended: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to the negative side of zero, release the pendulum and allow it to cycle five times (a forward and a backward swing together count as one swing), prior to the sixth forward swing, set the pointer to between 5 and 10 % of the scale capacity of the dial, after the sixth forward swing (eleven half swings), record the value indicated by the pointer, convert the reading to energy (if necessary), divide it by 11 (half swings), then divide by the maximum scale value being used and multiply it by 100 to get the percent friction. The result, friction and windage loss, shall not exceed 0.4 % of scale range capacity being tested and should not change by more than 5 % of friction measurements previously made on the machine. If the friction and windage loss value does exceed 0.4 % or is significantly different from previous measurements, check the indicating mechanism, the latch height, and the bearings for wear and damage. However, if the machine has not been used recently, let the pendulum swing for 50 to 100 cycles, and repeat the friction test before undertaking repairs to the machine.

8.2 Test Temperature Considerations:

8.2.1 The temperature of testing affects the impact properties of most materials. For materials with a body centered cubic structure, a transition in fracture mode occurs over a tempera-

ture range that depends on the chemical composition and microstructure of the material. Test temperatures may be chosen to characterize material behavior at fixed values, or over a range of temperatures to characterize the transition region, lower shelf, or upper shelf behavior, or all of these. The choice of test temperature is the responsibility of the user of this test method and will depend on the specific application.

8.2.2 The temperature of a specimen can change significantly during the interval it is removed from the temperature conditioning environment, transferred to the impact machine, and the fracture event is completed (see Note 5). When using a heating or cooling medium near its boiling point, use data from the references in Note 5 or calibration data with thermocouples to confirm that the specimen is within the stated temperature tolerances when the striker contacts the specimen. If excessive adiabatic heating is expected, monitor the specimen temperature near the notch during fracture.

8.2.3 Verify temperature-measuring equipment at least every six months. If liquid-in-glass thermometers are used, an initial verification shall be sufficient, however, the device shall be inspected for problems, such as the separation of liquid, at least twice annually.

8.2.4 Hold the specimen at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) in the temperature conditioning environment (see 8.2.4.1 and 8.2.4.2). Any method of heating or cooling or transferring the specimen to the anvil(s) may be used provided the temperature of the specimen immediately prior to fracture is essentially the same as the holding temperature (see Note 5). The maximum change in the temperature of the specimen allowed for the interval between the temperature conditioning treatment and impact is not specified here, because it is dependent on the material being tested and the application. The user of nontraditional or lesser used temperature conditioning and transfer methods (or sample sizes) shall show that the temperature change for the specimen prior to impact is comparable to or less than the temperature change for a standard size specimen of the same material that has been thermally conditioned in a commonly used medium (oil, air, nitrogen, acetone, methanol), and transferred for impact within 5 seconds (see Note 5). Three temperature conditioning and transfer methods used in the past are: liquid bath thermal

Anexo. 6. Informe técnico de los ensayos de tracción



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 050301174420171114-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Jaime Andrés Beltrán Acurio	
DIRECCIÓN: Alberto Varea Quevedo, Rumipamba, Latacunga.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 0503011744	TELÉFONO: 0999944390
E-MAIL: andresbeltran9209@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Materiales Metálicos: aluminio, babbitt y magnesio.
Método de ensayo: ASTM E8

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Proceso de fabricación	Cantidad
1	050301174420171114-ETM 01	TXA: 90Al y 10 de Babbitt.	5
2	050301174420171114-ETM 02	TXB: 80Al y 30 de Babbitt.	5
3	050301174420171114-ETM 03	TXC: 70Al y 10 de Babbitt.	5
4	050301174420171114-ETM 04	TY1: 2,5 Mg, 97,5 Al.	5
5	050301174420171114-ETM 05	TY2: 5 Mg, 95 Al.	5
6	050301174420171114-ETM 06	TY3: 7,5 Mg, 92,5 Al.	5
7	050301174420171114-ETM 07	TY4: 90Al y 10 Babbitt	5
8	050301174420171114-ETM 08	TY5: 80Al y 20 Babbitt	5
9	050301174420171114-ETM 09	TY6: 70Al y 30 Babbitt	5
Total			45

Nota: La fabricación de las probetas para la ejecución del ensayo de Resistencia a la tracción es responsabilidad del cliente.

ENSAYO SOLICITADO				
			FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	050301174420171114-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales.	14/11/2017	15/11/2017
2	050301174420171114-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales.	14/11/2017	15/11/2017
3	050301174420171114-ETM 01-3	Cumple criterios dimensionales.	14/11/2017	15/11/2017

Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 3

**RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN
DE MUESTRAS**

Página 1 de 4



4	050301174420171114-ETM 01-4	Cumple criterios dimensionales.	14/11/2017	15/11/2017
5	050301174420171114-ETM 01-5	Cumple criterios dimensionales.	14/11/2017	15/11/2017
6	050301174420171114-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
7	050301174420171114-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
8	050301174420171114-ETM 02-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
9	050301174420171114-ETM 02-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
10	050301174420171114-ETM 02-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
11	050301174420171114-ETM 03-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
12	050301174420171114-ETM 03-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
13	050301174420171114-ETM 03-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
14	050301174420171114-ETM 03-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
15	050301174420171114-ETM 03-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
16	050301174420171114-ETM 04-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
17	050301174420171114-ETM 04-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
18	050301174420171114-ETM 04-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
19	050301174420171114-ETM 04-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
20	050301174420171114-ETM 04-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
21	050301174420171114-ETM 05-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
22	050301174420171114-ETM 05-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
23	050301174420171114-ETM 05-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
24	050301174420171114-ETM 05-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
25	050301174420171114-ETM 05-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
26	050301174420171114-ETM 06-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
27	050301174420171114-ETM 06-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
28	050301174420171114-ETM 06-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017



29	050301174420171114-ETM 06-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
30	050301174420171114-ETM 06-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
31	050301174420171114-ETM 07-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
32	050301174420171114-ETM 07-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
33	050301174420171114-ETM 07-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
34	050301174420171114-ETM 07-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
35	050301174420171114-ETM 07-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
36	050301174420171114-ETM 08-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
37	050301174420171114-ETM 08-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
38	050301174420171114-ETM 08-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
39	050301174420171114-ETM 08-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
40	050301174420171114-ETM 08-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
41	050301174420171114-ETM 09-1	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
42	050301174420171114-ETM 09-2	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
43	050301174420171114-ETM 09-3	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
44	050301174420171114-ETM 09-4	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017
45	050301174420171114-ETM 09-5	Cumple criterios dimensionales	14/11/2017	15/11/2017

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con las dimensiones determinadas por la norma.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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

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.



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METALICOS**

INFORME DE RESULTADOS N°: 050301174420171114-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2017_061
Designación del material: Materiales Metálicos: aluminio, babbitt y magnesio.
Empresa / Clientes. Jaime Andrés Beltrán Acurio
RUC/C.I.: 0503011744
Dirección: Alberto Varea Quevedo, Rumipamba. **Ciudad:** Latacunga
Teléfono: 0999944390
Correo: andresbeltran9209@gmail.com
Fecha de Inicio de Ensayo: 15 de noviembre del 2017.

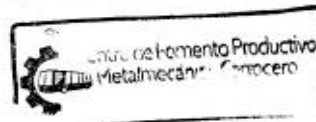
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales metálicos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Proceso de fabricación	Cantidad
1	050301174420171114-ETM 01	TXA: 90Al y 10 de Babbitt.	5
2	050301174420171114-ETM 02	TXB: 80Al y 30 de Babbitt.	5
3	050301174420171114-ETM 03	TXC: 70Al y 10 de Babbitt.	5
4	050301174420171114-ETM 04	TY1: 2,5 Mg, 97,5 Al.	5
5	050301174420171114-ETM 05	TY2: 5 Mg, 95 Al.	5
6	050301174420171114-ETM 06	TY3: 7,5 Mg, 92,5 Al.	5
7	050301174420171114-ETM 07	TD: 90Al y 10 Babbitt	5
8	050301174420171114-ETM 08	TD: 80Al y 20 Babbitt	5
9	050301174420171114-ETM 09	TD: 70Al y 30 Babbitt	5
Total			45

Observaciones: La fabricación de las probetas para la ejecución del ensayo de Resistencia a la tracción es responsabilidad del cliente.





Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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

Fecha de entrega de Informe: Ambato, 15 de noviembre del 2017.

Nº. Factura: 001-002-000003732.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

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

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

Fecha de Finalización de Ensayo: 15 de noviembre del 2017

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Método de ensayo: ASTM E8. Materiales metálicos. Ensayo de tracción.

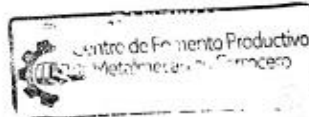
Tipo de probeta: plana **Longitud calibrada:** 25,4 mm

Equipo utilizado: Maquina de ensayos universal. Metro test 50 kN

Velocidad de ensayo: 10 mm/min **Precarga:** 100 N

Observaciones del ensayo: Ninguna.

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





Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor						
11	050301174420171114-ETM 03-1	20	69	6,48	3,71	621,65	168,82	25,86	7,02	0,84	3,30
12	050301174420171114-ETM 03-2	20	69	6,62	4,67	1259,09	135,69	40,73	4,39	1,89	7,43
13	050301174420171114-ETM 03-3	20	69	6,76	4,10	534,88	132,53	19,30	4,78	0,96	3,78
14	050301174420171114-ETM 03-4	20	69	6,75	4,01	309,25	137,27	11,43	5,07	0,74	2,91
15	050301174420171114-ETM 03-5	20	69	8,04	3,97	730,52	142,00	22,89	4,45	1,03	4,05
				Promedio \bar{x}		691,08	143,26	24,04	5,14	1,09	4,29
				Desviación estándar S_{p-1}		353,27	14,69	10,78	1,08	0,46	1,81
				Coeficiente de variación CV		51,12	10,25	44,83	21,10	42,05	42,05
				Dimensiones mm							
				Ancho	Espesor						
16	050301174420171114-ETM 04-1	21	68	6,6	4,3	1606,21	135,69	56,60	4,78	1,30	5,10
17	050301174420171114-ETM 04-2	21	68	6,84	4,37	1543,09	211,43	51,62	7,07	1,17	4,59
18	050301174420171114-ETM 04-3	21	68	6,37	3,95	1852,34	230,36	73,62	9,16	1,12	4,42
19	050301174420171114-ETM 04-4	21	68	6,43	4,1	1276,44	257,18	48,42	9,76	0,70	2,76
20	050301174420171114-ETM 04-5	21	68	6,35	4,49	1017,68	160,94	35,69	5,64	0,86	3,39
				Promedio \bar{x}		1459,15	199,12	53,19	7,28	1,03	4,05
				Desviación estándar S_{p-1}		320,76	49,95	13,79	2,16	0,24	0,95
				Coeficiente de variación CV		21,98	25,08	25,92	29,67	23,51	23,51

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

INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
METÁLICOS

Página 4 de 7

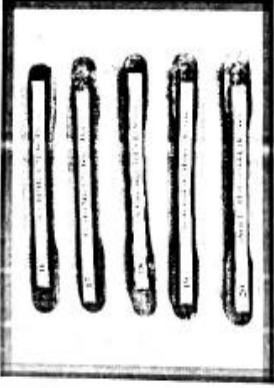

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor						
21	050301174420171114-ETM 05-1	21	68	6,37	4,12	751,04	149,89	28,62	5,71	0,62	2,43
22	050301174420171114-ETM 05-2	21	68	6,32	4,56	1958,06	148,31	67,94	5,15	1,52	5,96
23	050301174420171114-ETM 05-3	21	68	6,38	4,2	1355,34	178,29	50,58	6,65	1,08	4,25
24	050301174420171114-ETM 05-4	21	68	6,21	4,34	1841,30	124,65	68,32	4,62	1,48	5,82
25	050301174420171114-ETM 05-5	21	68	6,4	4,76	910,39	156,20	29,88	5,13	1,27	5,00
				Promedio \bar{x}		1363,23	151,47	49,07	5,45	1,19	4,69
				Desviación estándar S_{n-1}		539,04	19,19	19,46	0,77	0,37	1,44
				Coeficiente de variación CV		39,54	12,67	39,67	14,17	30,74	30,74
				Dimensiones mm							
				Ancho	Espesor						
26	050301174420171114-ETM 06-1	22	65	6,56	4,40	774,7	130,96	26,84	4,54	1,15	4,51
27	050301174420171114-ETM 06-2	22	65	6,38	4,64	1708,76	142,00	57,72	4,80	1,51	5,93
28	050301174420171114-ETM 06-3	22	65	6,58	4,28	1044,51	145,16	37,09	5,15	1,24	4,90
29	050301174420171114-ETM 06-4	22	65	6,47	4,21	621,65	165,67	22,82	6,08	0,64	2,50
30	050301174420171114-ETM 06-5	22	65	6,47	4,38	1166,00	160,94	41,15	5,68	1,16	4,56
				Promedio \bar{x}		1063,12	148,95	37,12	5,25	1,14	4,48
				Desviación estándar S_{n-1}		420,08	14,23	13,70	0,63	0,32	1,24
				Coeficiente de variación CV		39,51	9,55	36,90	12,01	27,78	27,78



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Turgurahua

16	050301174420171114-ETM 04-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
17	050301174420171114-ETM 04-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
18	050301174420171114-ETM 04-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
19	050301174420171114-ETM 04-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
20	050301174420171114-ETM 04-5	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
21	050301174420171114-ETM 05-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
22	050301174420171114-ETM 05-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
23	050301174420171114-ETM 05-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
24	050301174420171114-ETM 05-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
25	050301174420171114-ETM 05-5	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS


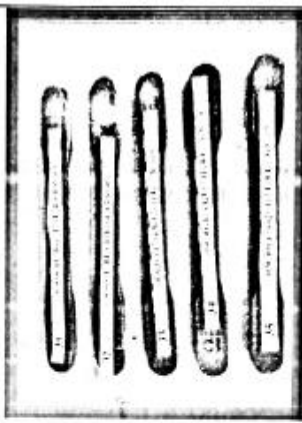
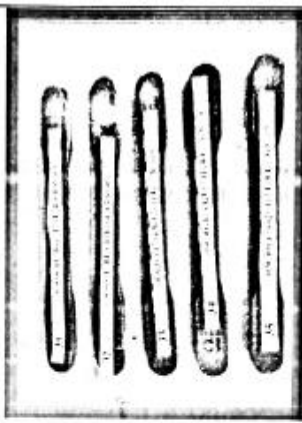
Página 3 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

26	050301174420171114-EIM 06-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
27	050301174420171114-EIM 06-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
28	050301174420171114-EIM 06-3	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	Se entrega al cliente	
29	050301174420171114-EIM 06-4	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	Se entrega al cliente	
30	050301174420171114-EIM 06-5	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	Se entrega al cliente	
31	050301174420171114-EIM 07-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
32	050301174420171114-EIM 07-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
33	050301174420171114-EIM 07-3	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	Se entrega al cliente	
34	050301174420171114-EIM 07-4	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	Se entrega al cliente	
35	050301174420171114-EIM 07-5	14/11/2017	17/11/2017	Ciente	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 Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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

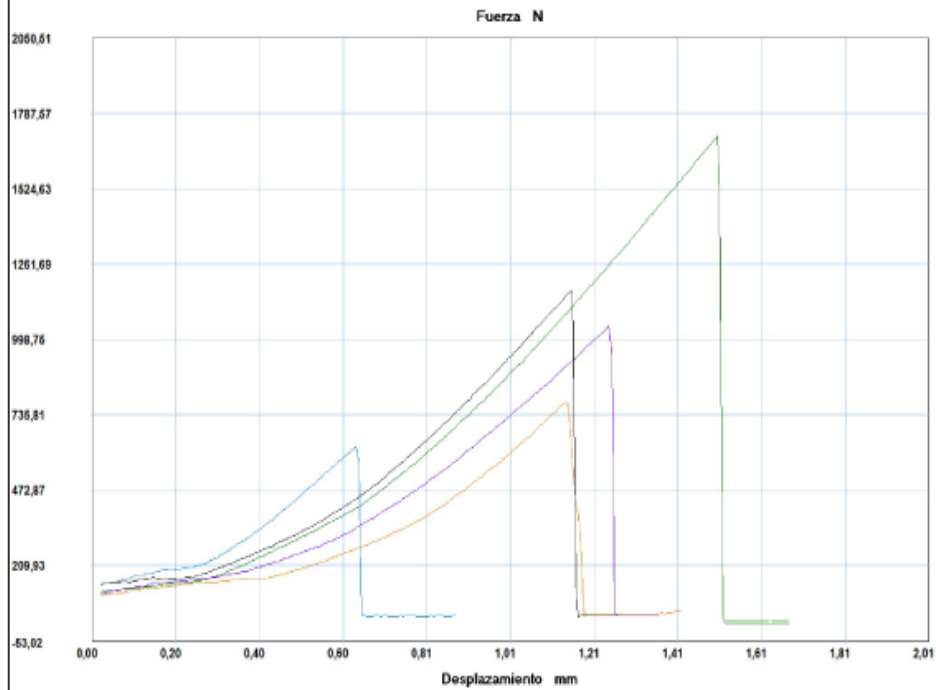
HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 06
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 15/11/2017
 Hora : 11:16:09
 Temperatura : 22
 H.R.% : 65
 Pedido : 050301174420171114



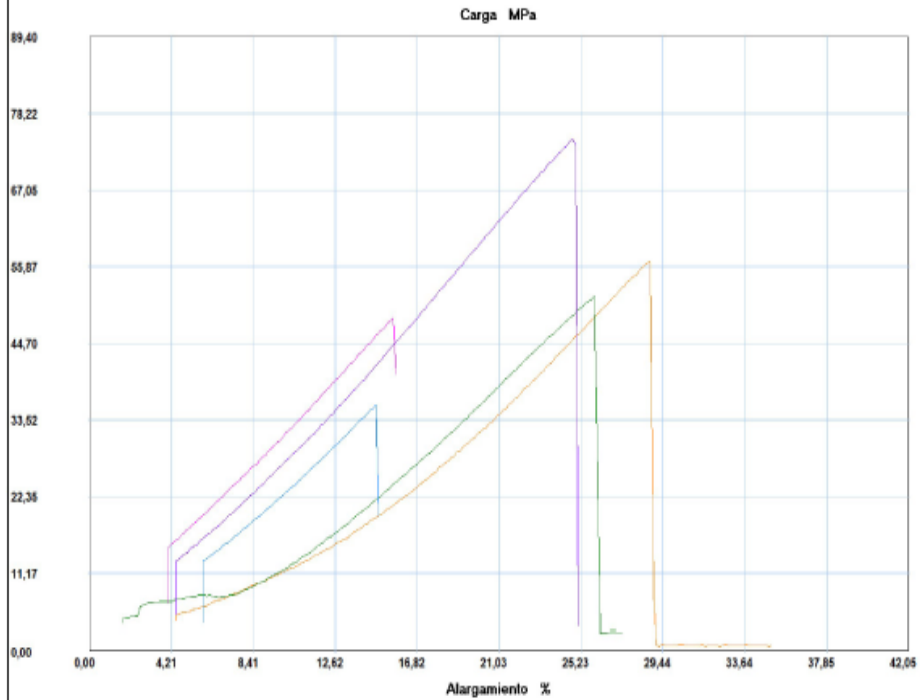
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	776,28	130,96	774,70	26,89	4,54	26,84
2	1708,76	142,00	1708,76	57,72	4,80	57,72
3	1044,51	145,16	1044,51	37,09	5,15	37,09
4	621,65	165,67	621,65	22,82	6,08	22,82
5	1166,00	160,94	1166,00	41,15	5,68	41,15
Media	1063,440	148,946	1063,124	37,135	5,250	37,124
Desv. Std	419,808	14,227	420,078	13,690	0,632	13,700
Coef. V.	0,395	0,096	0,395	0,369	0,120	0,369
+3 Sigma	2322,863	191,627	2323,359	78,204	7,147	78,224

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 04
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 15/11/2017
 Hora : 10:57:52
 Temperatura : 21
 H.R.% : 68
 Pedido : 050301174420171114



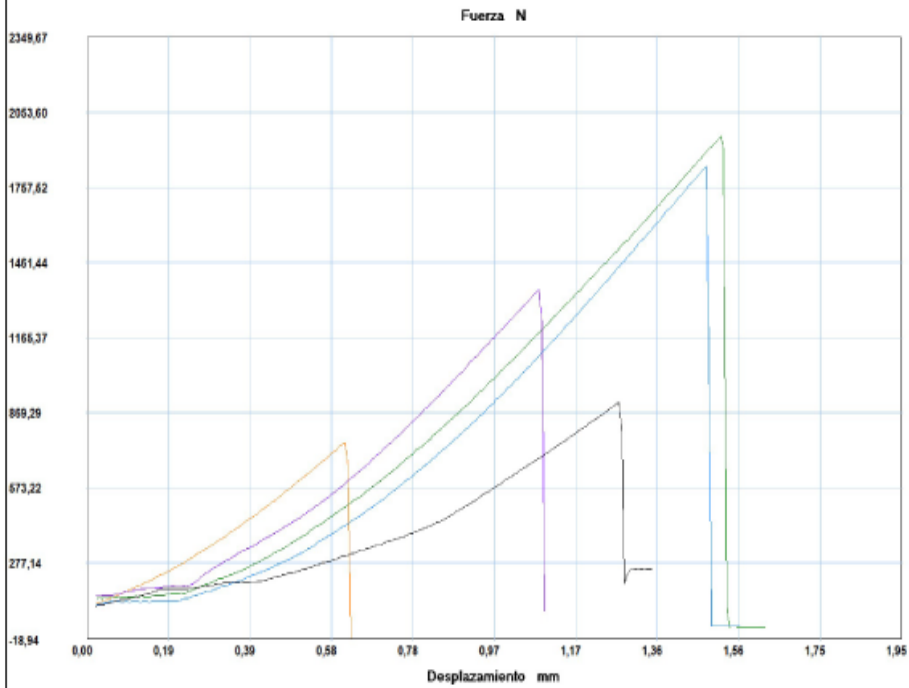
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	1606,21	135,69	1606,21	56,60	4,78	56,60
2	1543,09	211,43	1543,09	51,62	7,07	51,62
3	1874,43	230,36	1852,34	74,50	9,16	73,62
4	1276,44	257,18	1276,44	48,42	9,76	48,42
5	1017,68	160,94	1017,68	35,69	5,64	35,69
Media	1463,570	199,120	1459,152	53,366	7,282	53,190
Desv. Std	327,609	49,949	320,761	14,113	2,157	13,786
Coef. V.	0,224	0,251	0,220	0,264	0,296	0,259
+3 Sigma	2446,398	348,966	2421,434	95,706	13,752	94,549

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 05
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Técnico 1
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 15/11/2017
 Hora : 11:06:23
 Temperatura : 21
 H.R.% : 68
 Pedido : 050301174420171114



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	751,04	149,89	751,04	28,62	5,71	28,62
2	1958,06	148,31	1958,06	67,94	5,15	67,94
3	1355,34	178,29	1355,34	50,58	6,65	50,58
4	1841,30	124,65	1841,30	68,32	4,62	68,32
5	910,39	156,20	910,39	29,88	5,13	29,88
Media	1363,226	151,468	1363,226	49,069	5,453	49,069
Desv. Std	539,045	19,193	539,045	19,464	0,774	19,464
Coef. V.	0,395	0,127	0,395	0,397	0,142	0,397
+3 Sigma	2980,360	209,047	2980,360	107,461	7,774	107,461

Anexo. 7. Informe técnico del ensayo de impacto.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO DE MATERIALES METALICOS**

INFORME DE RESULTADOS N°: 180447473020171208-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2017_067
Designación del material: Materiales metálicos.
Empresa / Cliente: Sr. Diego Carrera
RUC/C.I.: 1804474730
Dirección: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico. **Ciudad:** Ambato.
Teléfono: 0998466939
Correo: dscarrera@gmail.com
Fecha de Inicio de Ensayo: 11 de diciembre del 2017.
 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 de probetas	Configuración de la probeta	Cantidad
1	180447473020171208-EIM 01	Mg 2,5 % y Al 97,5 %	3
2	180447473020171208-EIM 02	Mg 5 % y Al 95 %	3
3	180447473020171208-EIM 03	Mg 7,5 % y Al 92,5	3
Total			9

Observaciones: Las probetas fueron realizadas según proceso del cliente, según especificaciones declaradas por el cliente.

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

Fecha de entrega de Informe: Ambato, 11 de diciembre del 2017.

N°. Factura: 001-002-000003927



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero

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

**INFORME DE ENSAYO DE
IMPACTO MATERIALES
METALICOS**

Página 1 de 3



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglatá. Toronto y Río de Janeiro.
Código del Informe: 180447473020171208-EIM|
Fecha de Finalización de Ensayo:
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Método de ensayo: ASTM E23. Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente.
Tipo de probeta: Probeta sin muesca.
Acondicionamiento de la probeta: Temperatura ambiente.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Energía utilizada: 450 (J)
Máxima velocidad de impacto: 5,42 m/s

RESISTENCIA AL IMPACTO

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	180447473020171208-EIM 01-1	22,7	54	1,15	0,98	1,13	0,74	0,66	100	X	
2	180447473020171208-EIM 01-2	22,7	54	1,15	1,03	1,19	0,74	0,62	100	X	
3	180447473020171208-EIM 01-3	22,7	54	1,10	1,06	1,16	1,03	0,89	100	X	
Promedio \bar{x}							0,84	0,72			
Desviación estándar S_{n-1}							0,17	0,15			
Coeficiente de variación CV							20,01	20,21			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
4	180447473020171208-EIM 02-1	22,7	54	1,00	1,02	1,02	1,03	1,01	100	x	
5	180447473020171208-EIM 02-2	22,7	54	1,01	0,97	0,98	1,03	1,05	100	x	
6	180447473020171208-EIM 02-3	22,7	54	0,98	0,93	0,91	1,18	1,29	100	x	
Promedio \bar{x}							1,08	1,12			
Desviación estándar S_{n-1}							0,09	0,15			
Coeficiente de variación CV							8,02	13,63			

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
7	180447473020171208-EIM 03-1	22,7	54	1,01	0,99	0,99	1,03	1,04	100	x	
8	180447473020171208-EIM 03-2	22,7	54	1,00	1,02	1,02	1,03	1,01	100	x	
9	180447473020171208-EIM 03-3	22,7	54	1,01	1,02	1,03	1,03	1,00	100	x	
Promedio \bar{x}							1,03	1,02			
Desviación estándar S_{n-1}							0,00	0,02			
Coeficiente de variación CV							0,00	2,07			



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

Informe N°: 180447473020171208-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Diego Carrera	
DIRECCIÓN: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico, Ambato.	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804474730	TELÉFONO: 0998466939
E-MAIL: dscarrera@gmail.com	

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

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Configuración de la probeta	Cantidad
1	180447473020171208-EIM 01	Mg 2,5 % y Al 97,5 %	3
2	180447473020171208-EIM 02	Mg 5 % y Al 95 %	3
3	180447473020171208-EIM 03	Mg 7,5 % y Al 92,5	3
Total			9

Nota: Las probetas fueron realizadas según proceso del cliente, según especificaciones declaradas por el cliente.

ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	180447473020171208-EIM 01-1	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
2	180447473020171208-EIM 01-2	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
3	180447473020171208-EIM 01-3	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
4	180447473020171208-EIM 02-1	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
5	180447473020171208-EIM 02-2	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
6	180447473020171208-EIM 02-3	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
7	180447473020171208-EIM 03-1	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
8	180447473020171208-EIM 03-2	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017

Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN
DE PROBETAS

Página 1 de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

9	180447473020171208-EIM 03-3	Cumple criterios dimensionales.	11/12/2017	11/12/2017
---	-----------------------------	---------------------------------	------------	------------

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con las dimensiones determinadas por la norma.

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

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.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180447473020171208-EIM|
DATOS DEL CLIENTE
 Empresa / Cliente: Sr. Diego Carrera
DIRECCIÓN: Segundo Granja y Av. Julio Jaramillo, Huachi Chico, Ambato.
TELÉFONO: 0998466939
NUM. DE CEDULA / RUC: 1804474730
E-MAIL: dscarrera@gmail.com

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.
 Designación del material: Materiales metálicos.
 Método de ensayo: ASTM E23-16b.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180447473020171208-EIM 01-1	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
2	180447473020171208-EIM 01-2	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
3	180447473020171208-EIM 01-3	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
4	180447473020171208-EIM 02-1	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
5	180447473020171208-EIM 02-2	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
6	180447473020171208-EIM 02-3	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

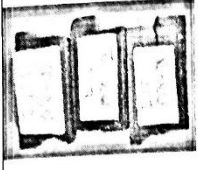
Código: RG-RM-003
 Fecha de Elaboración 06-07-2016
 Fecha de última aprobación 17-01-2017
 Revisión 3





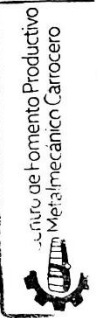
Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

7	180447473020171208-EIM 03-1	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
8	180447473020171208-EIM 03-2	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	
9	180447473020171208-EIM 03-3	11/12/2017	13/12/2017	Ing. A. Balseca	Se entrega al cliente	

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

	
Elaborado por: Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Area 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