



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:

**DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL
SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2
COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA.**

Autor: Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez

Tutor: Ing. Mg. Gonzalo López.

AMBATO-ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA.** Elaborado por el señor Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

Que la presente tesis es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, 25 de junio del 2018

.....

Ing. Mg. Gonzalo López

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que el contenido del trabajo experimental: **DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA**. Así como sus ideas, opiniones, resultados, conclusiones son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del proyecto.

Ambato, 25 de junio del 2018

.....
Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez

C.I.:1804336178

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución. Cedo los derechos en línea patrimoniales de proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto Técnico dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 25 de junio del 2018

.....
Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez
C.I.: 1804336178

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA.”**

Ambato, 25 de junio del 2018

Para constancia firman:

Ing. Mg. Christian Castro

Ing. Mg. Henry Vaca

DEDICATORIA

A mis padres, Mentor Gavilanes y Teresa Jiménez quiénes me enseñaron que las cosas se logran con esfuerzo y perseverancia; y así convirtiéndose en el pilar fundamental para lograr alcanzar esta meta.

A mis hermanos Giovanni, Ricardo, Jair quienes me motivaron a ser mejor persona y me apoyaron para que el camino sea más fácil.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a toda mi familia, por ser un apoyo de este gran sueño, a mi “Madre” y a mi “Padre” que me supieron guiarme, darme consejos y enseñarme valores, un especial agradecimiento a mi hermano por su apoyo y estar en todo momento.

A la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, a todos sus docentes que con mucho afán nos comparten su sabiduría, en especial al Ing. Mg. Gonzalo López, tutor de esta tesis, por brindarme toda su ayuda, paciencia y consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XV
CAPÍTULO I.....	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.	3
CAPÍTULO II.....	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1. Características del Aluminio.	4
2.1.2. Características del Babbitt.....	7
2.1.3. Componentes de los metales antifricción.....	7
2.1.3.1. Metal base.....	7
2.1.3.2. Cristales de soporte.....	7
2.1.3.3. Cristales antifricción.....	8

2.1.4.	Propiedades del Babbitt ASTM B-23 ALLOY 2	8
2.1.5.	Metalurgia de polvos.	9
2.1.5.1.	Características de los polvos en ingeniería.....	9
2.1.6.	Compactado de polvos.	9
2.1.7.	Proceso de sinterizado.	11
2.1.8.	Ensayo de tracción.....	12
2.1.8.1.	Significado y uso de la norma ASTM E-8.	12
2.1.8.2.	Equipos para el ensayo a tracción.....	13
2.1.8.3.	Descripción de la probeta para el ensayo a tracción.....	13
2.1.9.	Ensayo de dureza.	13
2.1.9.1.	Significado y uso de la norma ASTM E-10.	13
2.1.9.2.	Equipos para el ensayo de dureza.....	14
2.1.9.3.	Descripción de la probeta para el ensayo de dureza.....	14
2.1.10.	Ensayo de desgaste.	15
2.1.10.1.	Significado y uso de la norma ASTM G-105.....	15
2.1.10.2.	Equipos para el ensayo de desgaste.....	15
2.2.	HIPÓTESIS.	16
2.3.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.	16
2.3.1.	Variable independiente	16
2.3.2.	Variable dependiente	16
CAPÍTULO III		17
3.1.	NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.1.1.	Investigación Exploratoria.....	17
3.1.2.	Investigación descriptiva	17
3.1.3.	Investigación bibliográfica	17
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	17

3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	19
3.3.1.	Variable independiente	19
3.3.2.	Variable dependiente	20
3.4.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	20
3.5.	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	21
	CAPÍTULO IV	23
4.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.	23
4.1.1.	Diagrama del proceso de obtención del material compuesto	23
4.1.2.	Obtención de materia prima	25
4.1.3.	Análisis químico	26
4.1.4.	Pulverización	27
4.1.5.	Tamización	27
4.1.6.	Calculo de fracción volumétrica.....	28
4.1.7.	Mezcla mecánica	29
4.1.8.	Compactación	29
4.1.9.	Sinterizado	30
4.1.10.	Tabulación de resultados de los ensayos realizados.....	31
4.1.11.	Tabulación de datos de las probetas ensayadas a tracción.	31
4.1.12.	Tabulación de datos de las probetas ensayadas de dureza.....	37
4.1.13.	Tabulación de datos de las probetas ensayadas a desgaste.....	43
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
4.2.1.	Determinación del grupo con mejores propiedades mecánicas.....	49
4.2.2.	Ponderación de las propiedades mecánicas de cada caso ensayado	51
4.2.3.	Comparación del mejor material resultante vs aluminio 1060 vs Babbitt.....	52
4.2.4.	Comparación del mejor material combinado por aleación mecánica resultante vs material combinado por mezcla de polvos.	55

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	58
CAPÍTULO V	60
5.1. CONCLUSIONES.....	60
5.2. RECOMENDACIONES.	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Compactación de polvos mediante prensado. 1) Llenado de la cavidad del troquel con polvos, 2) posición inicial, 3) posición final de los punzones inferior y superior durante la compactación y 4) eyección de la pieza. [4].....	10
Figura 2. Efecto de la presión aplicada durante la compactación. 1) polvos sueltos iniciales después del llenado, 2) repaquetamiento y 3) deformación de las partículas. [4]	10
Figura 3. Sinterizado a escala microscópica.1) La unión de las partículas se inicia en los puntos de contacto, 2) los puntos de contacto crecen en “cuellos”, 3) los poros entre partículas reducen su tamaño y 4) se desarrollan límites de grano entre las partículas, en las regiones donde había cuellos. [4].....	11
Figura 4. Sinterizado a escala microscópica. a) Ciclo típico de tratamiento térmico durante el sinterizado y b) sección transversal esquemática de un horno continuo sinterizado. [4].....	12
Figura 5. Fracción volumétrica de los materiales sinterizados y ensayos a realizar	18
Figura 6. Diagrama de procesos de obtención de probetas de ensayo.	25
Figura 7. Cables del tendido eléctrico.	25
Figura 8. Molino de bolas.....	27
Figura 9. Tamizadora.....	28
Figura 10. Mezcla de polvo por aleación mecánica	29
Figura 11. Maquina prensadora.....	29
Figura 12. Horno.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del aluminio	4
Tabla 2. Densidad del Aluminio 1060 [5]	6
Tabla 3. Propiedades mecánicas del Aluminio 1060 [5]	6
Tabla 4. Propiedades mecánicas del aluminio 1060 a diferentes tratamientos térmicos [5]	6
Tabla 5. Propiedades del Babbitt ASTM B-23 ALLOY 2 [6].....	8
Tabla 6. Variable Independiente.....	19
Tabla 7. Variable Dependiente	20
Tabla 8. Plan de Recolección de Información.	20
Tabla 9. Resultados de ensayos por espectrometría XRF	26
Tabla 10. Fracción Volumétrica.	28

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

Ficha de Datos 1. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbitt ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica..	31
Ficha de Datos 2. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbitt ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica..	33
Ficha de Datos 3. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbitt ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica..	35
Ficha de Datos 4. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbitt ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	37
Ficha de Datos 5. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbitt ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	39

Ficha de Datos 6. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	41
Ficha de Datos 7. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	43
Ficha de Datos 8. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	45
Ficha de Datos 9. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.	47
Ficha de Datos 10. Ficha de resultados de los ensayos realizados a los distintos casos.	49
Ficha de Datos 11. Ponderación y criterios de aceptación para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13].....	51
Ficha de Datos 12. Ficha comparativa del mejor material resultante vs aluminio 1060 vs Babbit.	52
Ficha de Datos 13. Ponderación y criterios de aceptación del mejor material obtenido por el método de P/M para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13]	54
Ficha de Datos 14. Ficha comparativa del Caso 90-10 vs Al con Babbit de investigaciones previas.	55
Ficha de Datos 15. Ponderación y criterios de aceptación del mejor material obtenido vs Al con Babbit por el método de P/M para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13].....	57

RESUMEN EJECUTIVO

DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA.

Autor: Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez

Tutor: Ing.Mg. Gonzalo López

Resumen

Se recolectó cables de tendido eléctrico del sector de Ambato para la obtención del material Aluminio 1060, el cual se procedió a moler en el molino de bolas, así como Babbit ASTM b 23 alloy 2 para la obtención del polvo con un tamaño de partículas de $45\mu\text{m} - 63\mu\text{m}$, lo cual tomó una duración de 10 horas, tomando en cuenta que el área donde se realizó la trituración se encuentre libre de impurezas y agentes contaminantes, para lograr la pureza de cada caso de Aluminio 1060 con Babbit ASTM b23 alloy 2 estudiado, los cuales tienen una fracción volumétrica (Caso 90-10 = 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2; Caso 80-20 = 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2; Caso 70-30 = 70% Aluminio 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2). La compactación de cada caso se realizó por el método de prensado en frío con una presión de compactación de 270 MPa que en el proceso de sinterización se alcanzó una temperatura de 660°C . A cada caso se le expuso a realizar ensayos de tracción, desgaste y dureza bajo las normas ASTM E 8, ASTM E 10, ASTM G105 correspondientes.

Los ensayos demuestran que de los tres casos el material del Caso 90-10 tiene las mejores propiedades mecánicas pero la combinación por aleación mecánica no mejora la resistencia al desgaste con respecto al Babbit ASTM B 23.

EXACUTIVE SUMMARY

HARDNESS, RESISTANCE TO TRACTION AND WEAR IN THE ALUMINUM SINTERED MATERIAL 1060 WITH BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINED BY MECHANICAL ALLOY.

Author: Daniel Alfonso Gavilanes Jiménez

Advisor: Ing.Mg. Gonzalo López

Electrical cables were collected from the sector of Ambato to obtain the material Aluminum 1060, which was proceeded to grind in the ball mill, as well as Babbit ASTM B 23 Alloy 2 to obtain the powder with a particle size of $45\mu\text{m}$ - $63\mu\text{m}$, which took a duration of 10 hours, taking into account that the area where the crushing was performed is free of impurities and contaminants, to achieve the purity of each case of Aluminum 1060 with Babbit ASTM b23 alloy 2 studied, which have a volumetric fraction (Case 90-10 = 90% Aluminum 1060 with 10% Babbit ASTM B 23 Alloy 2, Case 80-20 = 80%

Aluminum 1060 with 20% Babbit ASTM B 23 Alloy 2, Case 70-30 = 70% Aluminum 1060 with 30% Babbit ASTM B 23 Alloy 2). The compaction of each case was carried out by the cold pressing method with a compaction pressure of 270 MPa, which reached a temperature of 660°C in the sintering process. In each case, he was exposed to tensile, wear and hardness tests under the corresponding ASTM E 8, ASTM E 10, ASTM G105 standards.

The tests show that of the three cases the material of Case 90-10 has the best mechanical properties but the mechanical alloy combination does not improve the wear resistance with respect to the Babbit ASTM B 23 Alloy 2.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1.TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE EN EL MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2 COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA”

1.2.ANTECEDENTES

El laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato actualmente cuenta con equipos y maquinaria cuyo enfoque es en el área de Materiales correspondientes a pulvimetalurgia (PM), dichos equipos facilitan la investigación, fomentando la realización de prácticas basadas en el estudio de nuevos materiales que cuenten con mejores características y propiedades que podrían sustituir materiales comunes u obsoletos.

En la investigación realizada por Sr. Hugo Froilán Cepeda bajo el tema “Procesos para la obtención del Babbit 83 en el taller de fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y sus aplicaciones en la industria”, indica que el material Babbit 83 sirve como recubrimiento superficial de partes mecánicas tales como cojinetes de biela, bancada de automotores, barcos, trenes sin importar sus dimensiones, que necesiten de este acabado para cumplir con sus funcionamientos. [1]

En la investigación titulada “SINTERIZACIÓN DEL ALUMINIO ALEADO MECÁNICAMENTE ASISTIDA POR ADICIÓN DE 1% Cu” por J.J. Fuentes, empleo 10 h para la obtención del polvo metálico mediante molienda mecánica, la compactación se realizó en un prensado mecánico en frío y a una sinterización en vacío a 650 °C, el incremento de la sinterabilidad de las partículas de Al, producido por la presencia de fases líquidas durante la sinterización. y bajas presiones de

compactación y tiempos cortos de calentamiento deterioran las cualidades del material [2]

1.3.JUSTIFICACIÓN.

La metalurgia en polvo es un proceso de moldeado que consiste en proporcionar polvos metálicos, mezclarlos, compactarlos en matrices o dados y sinterizarlos para proporcionar resistencia, dureza y tenacidad; esta investigación proporciona conocimiento de propiedades que contribuye al mejoramiento y optimización del uso del material sinterizado aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica para una aplicación industrial.

Con la metalurgia de polvos se pueden producir partes en forma completa o parcial y así eliminar muchas operaciones secundarias de manufactura y ensamble; el mismo se ha vuelto cada vez más competitiva respecto a la fundición, forjado y maquinado. Este proceso de manufactura es requerido ya sea dentro de la industria grande o pequeña, como también en los procesos que se vienen aplicando en la utilización de metales de alta calidad, conseguidos a través de combinaciones (aleaciones) y/o tratamientos térmicos con otros materiales, cuyos resultados denotan una gran incidencia en el comportamiento de los metales, mejorando en propiedades importantes tales como dureza, resistencia, ductilidad y otras.

Actualmente, la ciencia de materiales se encuentra en auge, motivo por el cual la aplicación de diferentes procesos en la obtención de nuevas aleaciones modifica las microestructuras de los mismos y mejoran sus propiedades mecánicas, permitiendo un mejor aprovechamiento en la industria, por ejemplo, la elaboración de levas, engranes, moldes, herramientas agrícolas, ejes, cojinetes, etc.

Este proyecto de investigación bajo el tema “Dureza, resistencia a la tracción y desgaste en el material sinterizado aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica”, tiene la finalidad de alcanzar propiedades aceptables para un alto uso en la industria manufacturera, automotriz, naval, industrial y en la producción de autopartes, cojinetes y partes de maquinaria.

1.4.OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

- Estudiar el material sinterizado aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinados por aleación mecánica y su incidencia en la resistencia a la tracción, dureza y desgaste.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Obtener las probetas del material sinterizado aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2.
- Determinar la variación de dureza que tendrá el material sinterizado aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 por combinación mecánica en función del tamaño de partículas y variación volumétrica.
- Identificar el porcentaje de desgaste por abrasión en medio acuoso.
- Determinar la resistencia ultima a la tracción bajo diferentes tamaños de partículas y porcentajes del material Babbit ASTM B 23 alloy 2.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN.

2.1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.1. Características del Aluminio.

El aluminio es el elemento metálico más abundante de la corteza terrestre. Su producción es superada únicamente por el hierro, y su mineral principal es la bauxita (óxido de aluminio hidratado). El aluminio comercialmente puro tiene hasta un 99.99% de aluminio y es conocido como aluminio de “cuatro nueves”; debido a que su producción consume gran cantidad de electricidad lo que eleva el costo del mismo. Las propiedades del aluminio pueden observarse en la Tabla 1. [3]

Tabla 1. Propiedades del aluminio

Símbolo	Al
Gravedad específica	2.7
Estructura cristalina	FCC
Temperatura de fusión	660 °C
Módulo de elasticidad	69 GPa
Mineral principal	Bauxita
Elementos de aleación	Cobre, Magnesio, Silicio y Zinc
Aplicaciones típicas	Recipientes, conductores eléctricos, sartenes, componentes aeroespaciales, automotores.

Fuente: [4]

Propiedades del Aluminio 1060

Tabla 2. Densidad del Aluminio 1060 [5]

Alloy	Density	
	g/cm ³	lb/in. ³
1050	2.705	0.0975
1060	2.705	0.0975

Tabla 3. Propiedades mecánicas del Aluminio 1060 [5]

Alloy and temper	Ultimate tensile strength		Tensile yield strength		Elongation 50 mm (2 in.), %		Hardness HB ^(a)	Ultimate shearing strength		Fatigue endurance limit ^(b)		Modulus of elasticity ^(c)	
	MPa	ksi	MPa	ksi	1.6 mm ($\frac{1}{16}$ in.) thick specimen	1.3 mm ($\frac{1}{2}$ in.) diam specimen		MPa	ksi	MPa	ksi	GPa	10 ⁶ psi
1060-O	70	10	30	4	43	...	19	50	7	20	3	69	10.0
1060-H12	85	12	75	11	16	...	23	55	8	30	4	69	10.0

Tabla 4. Propiedades mecánicas del aluminio 1060 a diferentes tratamientos térmicos [5]

Temper	Tensile strength		Yield strength		Elongation ^(a) , %	Hardness, HB ^(b)	Shear strength		Fatigue limit ^(c)	
	MPa	ksi	MPa	ksi			MPa	ksi	MPa	ksi
O	69	10	28	4	43	19	48	7	21	3
H12	83	12	76	11	16	23	55	8	28	4
H14	97	14	90	13	12	26	62	9	34	5
H16	110	16	103	15	8	30	69	10	45	6.5

2.1.2. Características del Babbitt.

Es un metal antifricción comúnmente utilizado en cojinetes, se producen mediante la disolución de metales aleantes en el metal base hasta sobrepasar el límite de solubilidad, fase en la cual se producen cristales duros y ásperos dispersos. La relación del número, tamaño, distribución y el tipo de cristales formados con el metal base depende de la cantidad de cada elemento aleante, de manera que son de vital importancia para las propiedades mecánicas y de antifricción. [6]

Por sus excelentes propiedades de deslizamiento, soporte de cargas, conformabilidad y resistencia a los efectos corrosivos de los ácidos tienen un amplio campo de aplicaciones que incluyen: [6]

- Chumaceras, patines para turbinas y generadores de centrales hidroeléctricas.
- Motores de combustión interna, motores eléctricos, reductores industriales.
- Prensaestopas y chumaceras auto-alineantes de embarcaciones navales.
- Turbinas de vapor y gas, bombas, compresores, ventiladores.
- Cojinetes para locomotoras y vagones de ferrocarril. [6]

2.1.3. Componentes de los metales antifricción.

Los metales antifricción están compuestos por 3 componentes:

2.1.3.1. Metal base.

Puede ser de estaño o plomo, aunque generalmente es de estaño debido a que puede disolver otros metales y adherirse bajo ciertas condiciones al cojinete. Sin embargo, este metal se lo reemplaza por el plomo cuando se desea que el metal base sea menos frágil y resistente al impacto. Este cambio se presenta en ejes que giran a baja velocidad y menor temperatura de trabajo. [6]

2.1.3.2. Cristales de soporte.

Son cristales filiformes que tejen una especie de red que sostiene a los cristales cúbicos. Para que exista la cantidad apropiada de cristales filiformes y cúbicos debe existir un enfriamiento rápido del recubrimiento en función al espesor y tamaño del cojinete. [6]

2.1.3.3. Cristales antifricción.

Se forman según el metal base y la afinidad que presenten, entre ellas tenemos: estaño-antimonio, estaño-cobre-antimonio y plomo-antimonio. [6]

2.1.4. Propiedades del Babbitt ASTM B-23 ALLOY 2

Este tipo de metal antifricción presenta un metal base de estaño que alberga hasta un 8% de antimonio, de forma que imparte una buena resistencia mecánica y propiedades antifricción a la aleación. La composición química del mismo puede observarse en la Tabla 2. [6]

Tabla 5. Propiedades del Babbitt ASTM B-23 ALLOY 2 [6]

Composición química [%]	Base Estaño
	2
Estaño	88-90
Antimonio	7-8
Plomo	0.35
Cobre	3-4
Hierro	0.08
Arsénico	0.1
Bismuto	0.08
Cadmio	0.05
Rango de solidificación [°C]	113
Dureza Brinell a 20°C	24.5
Dureza Brinell a 100°C	12

Densidad [g/cm ³]	7.34
Temp. Máx. de operación. [°C]	145

2.1.5. Metalurgia de polvos.

Es una tecnología de procesamiento de metales en la que se producen piezas a partir de polvos metálicos; estos se comprimen para darles la forma deseada y luego se calientan para ocasionar la unión de partículas en una masa rígida y dura. Para la compresión del polvo, se utiliza una maquina tipo prensa y las herramientas que se emplean se diseñan específicamente para la pieza que se va a producir; debido a ello, este proceso es costoso y recomendable en niveles medios o altos de producción. Mientras que el tratamiento térmico o sinterizado se lo realiza a una temperatura por debajo del punto de fusión del metal. [4]

2.1.5.1. Características de los polvos en ingeniería.

La forma de los polvos individuales se puede definir mediante los siguientes atributos: tamaño de las partículas y su distribución y forma y estructura interna de las partículas.

A) Tamaño de las partículas y su distribución. Se refiere a las dimensiones de los polvos individuales, si la forma de la partícula es esférica, una sola dimensión es adecuada; sin embargo, si es una forma diferente se necesitan 2 o más dimensiones. Los tamaños típicos de las partículas que se utilizan en la metalurgia de polvos varían entre 25 y 300 micrómetros. [7]

B) Forma y estructura interna de las partículas. Puede catalogarse en varios tipos debido a que existen variaciones tanto en la forma de las partículas de una colección de polvos como en sus tamaños. Una manera simple y útil para medir la forma es la razón del aspecto, para una partícula esférica es 1.0; sin embargo, para un grano acicular puede ser de 2 a 4. [7]

2.1.6. Compactado de polvos.

Durante el proceso de compactado se aplica alta presión a los polvos para darles la forma requerida; el método convencional es el prensado, en el cual se emplean

punzones en extremos opuestos que aprietan el contenido en un troquel. Como resultado de esto, la densidad de la pieza es mucho más grande que la densidad volumétrica inicial y su resistencia es adecuada para el manejo que se requiera, pero disminuye después del proceso de sinterizado.

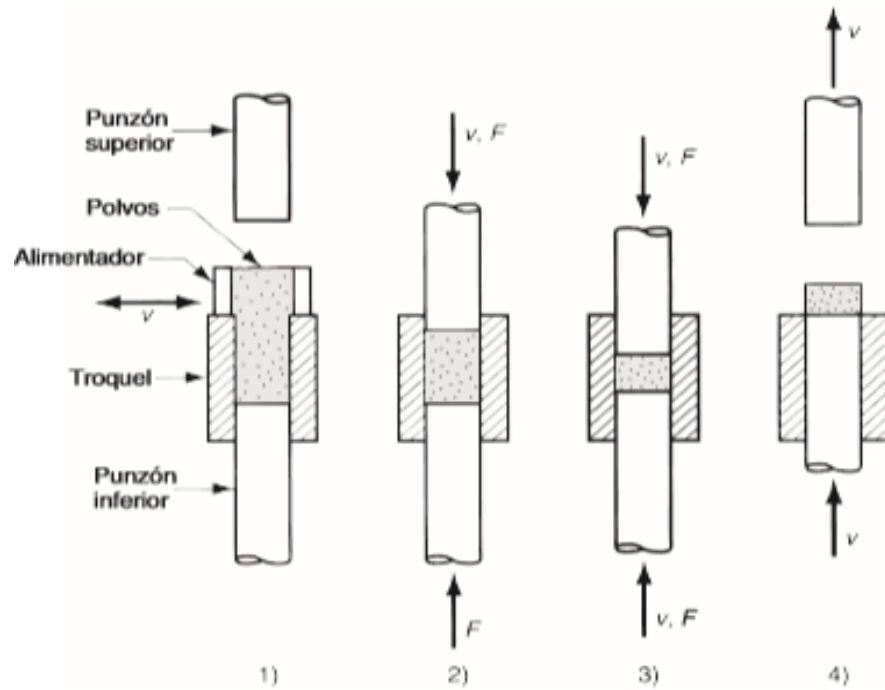


Figura 1. Compactación de polvos mediante prensado. 1) Llenado de la cavidad del troquel con polvos, 2) posición inicial, 3) posición final de los punzones inferior y superior durante la compactación y 4) eyección de la pieza. [4]

La presión que se aplica en la compactación produce inicialmente un repaquetamiento de los polvos en un arreglo más eficiente, eliminando los “puentes” que se forman durante el llenado, reduciendo el espacio de los poros e incrementando el número de puntos de contacto entre las partículas.

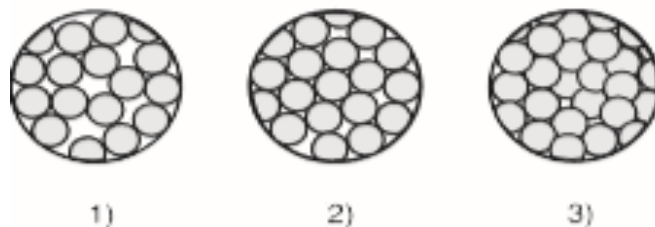


Figura 2. Efecto de la presión aplicada durante la compactación. 1) polvos sueltos iniciales después del llenado, 2) repaquetamiento y 3) deformación de las partículas. [4]

2.1.7. Proceso de sinterizado.

Es una operación de tratamiento térmico que se ejecuta sobre el compactado para unir sus partículas metálicas, incrementando de esta manera su fuerza y resistencia. Generalmente el proceso se lo lleva a cabo entre temperaturas de 0.7 y 0.9 del punto de fusión del metal en la escala absoluta.

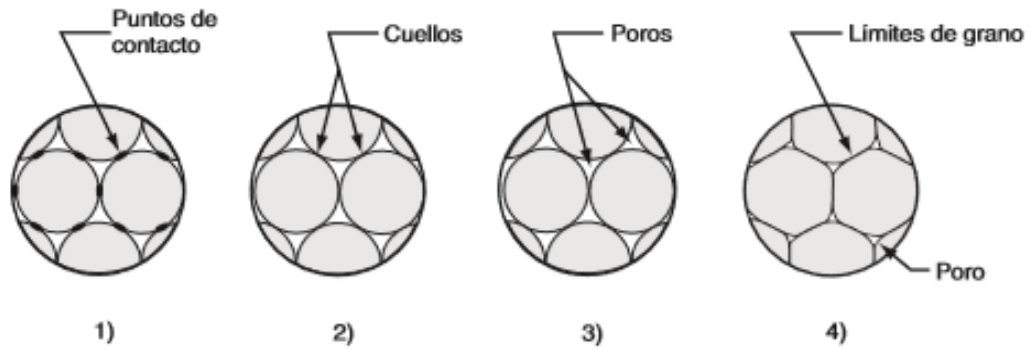


Figura 3. Sinterizado a escala microscópica. 1) La unión de las partículas se inicia en los puntos de contacto, 2) los puntos de contacto crecen en “cuellos”, 3) los poros entre partículas reducen su tamaño y 4) se desarrollan límites de grano entre las partículas, en las regiones donde había cuellos. [4]

En la práctica moderna de este proceso, se controla la atmósfera de horno, esto se debe a que: [4]

- 1) Protege de la oxidación.
- 2) Proporciona una atmósfera reductora para remover los óxidos existentes.
- 3) Suministra una atmósfera carburizadora.
- 4) Ayuda en la remoción de lubricantes y aglutinantes [4]

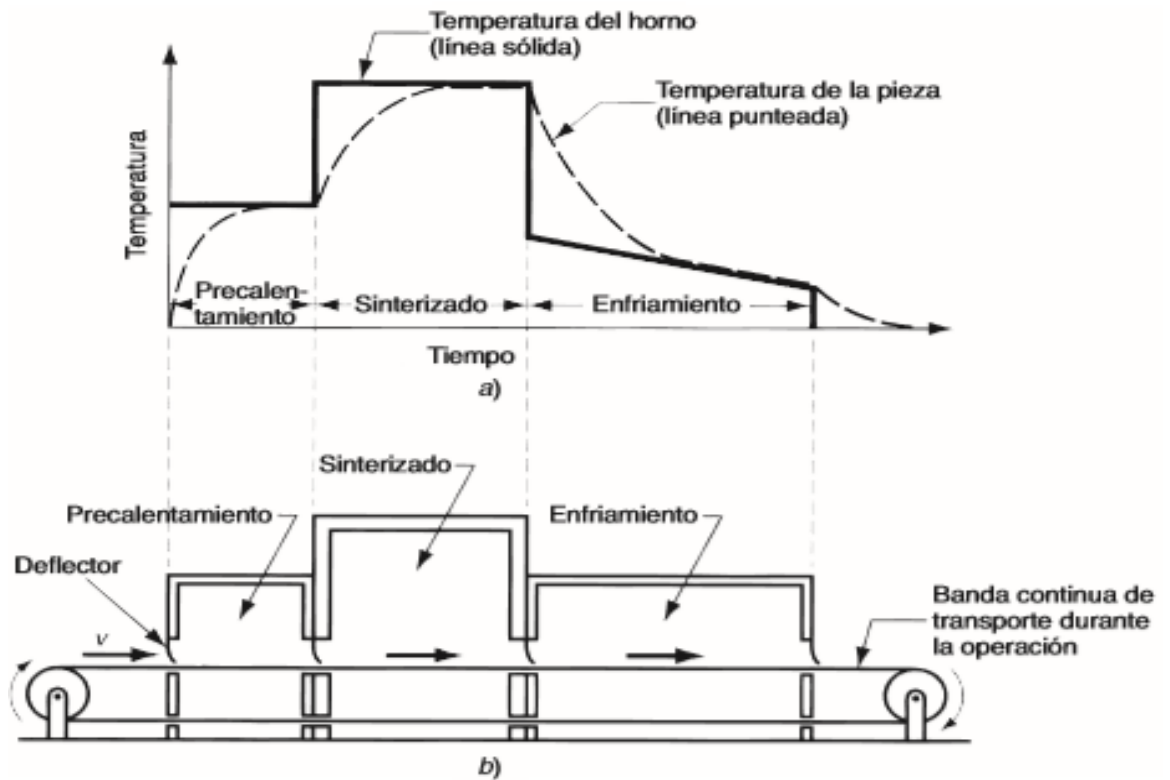


Figura 4. Sinterizado a escala microscópica. a) Ciclo típico de tratamiento térmico durante el sinterizado y b) sección transversal esquemática de un horno continuo sinterizado. [4]

2.1.8. Ensayo de tracción.

Constituye un método fundamental para la determinación de datos como la especificación del material, inspección, investigación, desarrollo y diseño de componentes estructurales, para ello se procede a utilizar la norma ASTM E-8, cuyo procedimiento y dimensiones de la probeta a ensayar se describen a continuación.

2.1.8.1. Norma ASTM E-8.

Los ensayos a tensión proveen de información del esfuerzo y la ductilidad de un material bajo un esfuerzo de tensión uniaxial. Esta información es útil en comparaciones entre materiales, desarrollo de aleaciones, controles de calidad y diseño bajo ciertas circunstancias. [8]

Los resultados de los ensayos a tensión de probetas maquinadas a dimensiones estandarizadas desde porciones seleccionadas de un componente o material pueden no representar las propiedades de esfuerzo y ductilidad de todo un producto o su comportamiento estando en servicio en diferentes ambientes. [8]

2.1.8.2. Equipos para el ensayo a tracción.

Las máquinas empleadas en el ensayo a tensión deberán cumplir los requerimientos especificados en la norma ASTM E-4; y de igual manera las fuerzas utilizadas para determinar la resistencia a la tracción y el límite elástico deberán ser verificadas en el rango de aplicación de la fuerza definido en dicha norma. [8]

2.1.8.3. Descripción de la probeta para el ensayo a tracción.

A) Tamaño de la probeta. Deberá ser de tamaño completo o mecanizada según las especificaciones del producto a ser ensayado.

B) Localización del eje. El eje de la probeta deberá estar localizado en el centro en caso de tener un espesor o diámetro menor a 1½ pulgadas; en caso de ser mayor a la dimensión expresada previamente, deberá localizarse a medio camino entre el centro y la superficie.

C) Maquinado de la probeta. Una probeta preparada incorrectamente a menudo es la razón para resultados incorrectos e insatisfactorios. Es importante que se tenga cuidado en la preparación de las muestras, particularmente en el mecanizado a fin de maximizar la precisión y minimizar el sesgo en los resultados de las pruebas.

En caso de emplear una sección reducida, debe estar libre de muescas, marcas de vibración, ranuras, surcos, rebabas y superficies rugosas. [8]

2.1.9. Ensayo de dureza.

La dureza de un material constituye la resistencia del mismo frente a la penetración de un elemento de mayor dureza y se determina mediante la introducción de un cuerpo que puede ser esférico, cónico o piramidal; el mismo produce una fuerza determinada durante cierto tiempo en el material a ensayar. Un indicador de dureza es la deformación permanente (plástica). [9]

La norma por utilizar para este ensayo es la ASTM E-10, de manera que se describe el procedimiento y dimensiones de la probeta a continuación.

2.1.9.1. Norma ASTM E-10.

El ensayo de dureza Brinell es un ensayo empírico de dureza de indentación, el mismo provee de información útil sobre materiales metálicos. Esta información

puede correlacionarse con la resistencia a la tracción, desgaste, ductilidad u otra característica física de los materiales metálicos, siendo la misma útil en control de calidad y selección de materiales. El ensayo de dureza Brinell en una sección de un componente puede no representar las características físicas de todo el componente. [10]

2.1.9.2. Equipos para el ensayo de dureza.

A) **Equipo de ensayo.** El equipamiento para el ensayo de dureza Brinell consiste en una máquina ensayadora que soporta la probeta de ensayo y aplica una fuerza de indentación a una esfera en contacto con la probeta. El diseño de la máquina debe ser tal que no produzca un balanceo o movimiento lateral del indentador o la probeta mientras se aplica la fuerza. [10]

B) **Esferas Brinell.** Las esferas normalizadas para el ensayo Brinell deberán tener 10.00 mm de diámetro con una desviación de su valor no mayor a 0.005 mm, la misma deberá estar pulida sin defectos superficiales. Si una esfera utilizada en el ensayo de una probeta cuyo valor de dureza Brinell sea mayor que el límite de la misma, los resultados deberán considerarse inválidos y la esfera descartada. [10]

C) **Dispositivo de medición.** Las divisiones en la escala del micrómetro del microscopio u otro dispositivo de medición empleado para la medición del diámetro de las indentaciones deberán ser tales que permitan la medición directa del diámetro a 0.1 mm y la estimación del mismo a 0.05 mm. [10]

2.1.9.3. Descripción de la probeta para el ensayo de dureza.

No hay una forma estándar o tamaño para una probeta de ensayo Brinell, sin embargo, se tienen las siguientes consideraciones:

A) **Espesor.** El espesor de la probeta ensayada debe ser tal que no se observe protuberancias u otras marcas que muestren el efecto de la fuerza del ensayo en el costado de la pieza opuesta a la indentación. Como regla general, el espesor de la probeta deberá ser al menos 10 veces la profundidad de la indentación. [10]

B) **Acabado.** Cuando sea necesario, la superficie en la cual se realizará el ensayo debe ser rectificadas, pulida o maquinada con material abrasivo a fin de que el borde de la indentación deba ser claramente definido para permitir la medición del diámetro a la precisión especificada. [10]

2.1.10. Ensayo de desgaste.

El desgaste de los elementos de máquinas, elementos metálicos de construcción y otros depende de las condiciones de fricción y las propiedades del material de la pieza, el mismo se refleja como resultado de la interacción de los pares de fricción, que surgen durante el agarre de las irregularidades en las superficies móviles, dando como resultado la reducción de los salientes microscópicos y su posterior disminución. Se distinguen varios tipos de desgaste: abrasivo, cavitativo, fatiga por contacto y otros. [11]

Para la realización de este ensayo se procederá a utilizar la norma ASTM G-105, cuyos parámetros a tomar en cuenta se describen a continuación:

2.1.10.1. Norma ASTM G-105.

La severidad del desgaste abrasivo en cualquier sistema dependerá del tamaño de la partícula abrasiva, forma y dureza, magnitud de la tensión y frecuencia de contacto impuesta por la misma. Las condiciones son estandarizadas para el desarrollo uniforme de una condición de desgaste en lo que se refiere a desgaste por abrasión, por ende, no deberá ser usado para predecir la resistencia exacta de un material en un ambiente específico. [12]

2.1.10.2. Equipos para el ensayo de desgaste.

Muchos elementos son de crítica importancia para asegurar la uniformidad en los resultados del ensayo, entre ellos están el tipo de goma empleada en la rueda, tipo y forma del abrasivo, uniformidad del equipo de ensayo, sistema de brazo-palanca adecuado para aplicar la fuerza requerida, y la uniformidad del material de prueba. [12]

A) Rueda de goma. Cada rueda debe consistir en un disco de acero con una capa exterior de neopreno moldeado en su periferia. La goma está unido al borde y curado en un molde de acero adecuado. Las ruedas son normalmente de 178 mm (7 in) de diámetro por 13 mm (½ in) de ancho, y la goma estará conforme a la clasificación D 2000 (SAE J200). [12]

B) Motor de accionamiento. La rueda es conducida por un motor eléctrico de 0.75 kw (1 hp) y una caja de engranes adecuada para asegurar que el máximo torque es liberado durante el ensayo. El rango de las revoluciones (245 ± 5 rpm) deberán permanecer constante bajo carga. [12]

C) Contador de revoluciones de la rueda. La máquina debe estar equipada con un contador de revoluciones que monitoree el número de revoluciones de la rueda. Es recomendado que el contador tenga la habilidad de apagar la maquina después de cumplir con las revoluciones seleccionadas. [12]

D) Porta probetas y brazo palanca. La porta probetas está unida al brazo-palanca al cual se le aplica un peso, de modo que se produzca una fuerza a lo largo de la línea horizontal de la rueda. Se debe emplear un peso apropiado para aplicar una fuerza de 222 N (50 lbf). [12]

E) Balance analítico. La balanza utilizada para la medición de la pérdida de masa de la probeta debe tener una sensibilidad de 0.0001 g. Se recomienda emplear una balanza de 150 g. en caso de que la probeta sea gruesa o de alta densidad. [12]

2.2.HIPÓTESIS.

Será posible mejorar las propiedades de dureza, resistencia a la tracción y desgaste del Aluminio 1060 combinado con el Babbit ASTM b23 alloy 2 a diferentes fracciones volumétricas mediante aleación mecánica, a una temperatura de sinterización de 660°C y tamaño de partículas ($45\mu\text{m}$ - $63\mu\text{m}$).

2.3.SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

2.3.1. Variable independiente

Temperatura de sinterización de 660°C , fracción volumétrica mediante aleación mecánica, tamaño de partícula ($45\mu\text{m}$ - $63\mu\text{m}$).

2.3.2. Variable dependiente

Propiedades de dureza, resistencia a la tracción y desgaste.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1.NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Investigación Exploratoria

El presente proyecto se empleó este tipo de investigación para determinar las fracciones volumétricas y la influencia de la mezcla mecánica para cada tipo de aleación.

3.1.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva se empleó para detallar las propiedades mecánicas que posee el material compuesto, mediante la ejecución de los ensayos destructivos realizados y la observación de los resultados de cada ficha técnica.

3.1.3. Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación se empleó mediante la recolección de información en libros, tesis, páginas web, revistas científicas; los cuales sirven para la comprobación de la hipótesis.

3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.

Población

La población para esta investigación será:

Polvo de aluminio 1060 obtenidos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica reforzado con polvo de BABBIT ASTM B 23 ALLOY 2.

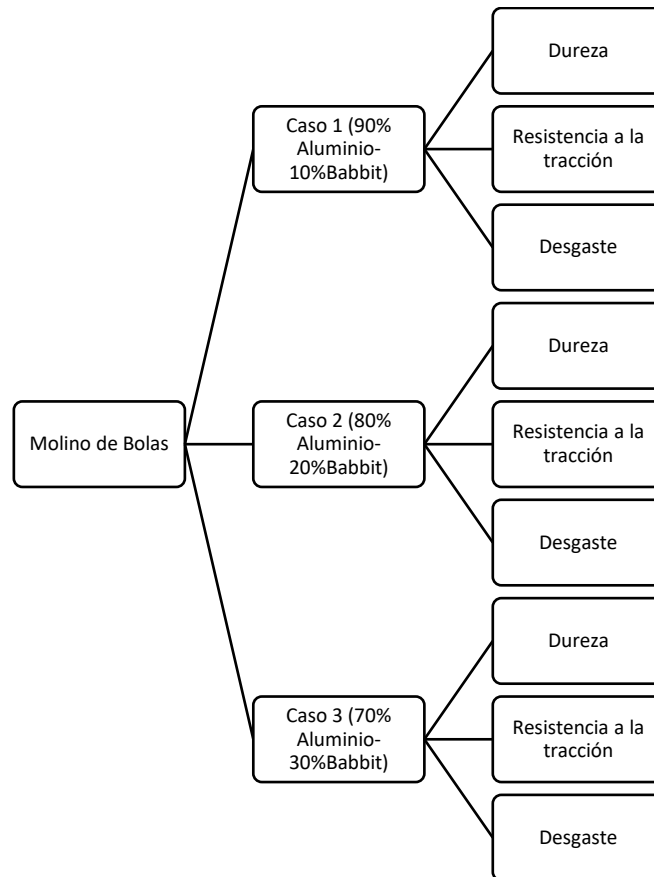


Figura 5. Fracción volumétrica de los materiales sinterizados y ensayos a realizar

Fuente: [Autor]

Los tres casos fueron sometidos a los siguientes ensayos:

Ensayo Dureza: Según ASTM E 10-00

Ensayo de Tracción: Según ASTM E8:00b

Ensayo de Desgaste: Según ASTM G 105

Muestra

El universo poblacional es el conjunto de individuos u objetos de los que se desea conocer en una investigación.

15 Probetas para el ensayo de tracción de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM E8:00b.

15 Probetas para ensayos de desgaste de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM G 105

9 Probetas rectangulares de 25.4 x 57.2 x 8 (mm) para ensayos de dureza.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.3.1. Variable independiente

Reforzar con partículas de Babbit ASTM B 23 Alloy 2 en la aleación de aluminio 1060

Tabla 6. Variable Independiente

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El proceso de pulvimetalurgia o metalurgia de polvo se caracteriza por obtener polvo de un metal base, en nuestro caso aluminio 1060, combinado con polvo de material de aporte (Babbit ASTM B 23 alloy 2), los cuales después de ser mezclados pasan a un proceso de compactación y a un proceso de sinterizado en el cual el material mezclado va a obtener sus propiedades; este proceso permite que el material sinterizado obtenga una estructura interna homogénea de grano y unión de partículas</p>	Sinterizado de la aleación	¿En qué horno se llevará a cabo el sinterizado?	Horno de Inducción	Observación Ficha técnica
	Agregado de partículas	¿Qué porcentajes de partículas se agregará a la aleación?	90% aluminio 1060 - 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 80% aluminio 1060 - 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 70% aluminio 1060 - 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2	Observación Ficha técnica
	Agitado de la mezcla	¿Cómo se realizará la mezcla?	Mezcla mecánica	Observación Ficha técnica

Fuente: [Autor]

3.3.2. Variable dependiente

Dureza, desgaste y resistencia a la tensión.

Tabla 7. Variable Dependiente

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las características mecánicas son las propiedades que poseen los materiales y se muestran al momento de estar sometidos a una fuerza externa, es decir la capacidad a soportar estas; estas propiedades son medibles mediante ensayos normalizados.	Deformación permanente en la superficie	Dureza Brinell	10 - 150HB	Observación Ficha técnica
	Soportar tensión	¿Qué valores de resistencia a la tensión se podrá obtener?	0 - 60000Psi	Observación Ficha técnica
	Masa	¿Qué valores de masa pierde?	0 - 10 g	Observación Ficha técnica

Fuente: [Autor]

3.4.PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Tabla 8. Plan de Recolección de Información.

PREGUNTAS BASICAS	EXPLICACIÓN
¿Qué?	Obtención de valores numéricos de las propiedades del material compuesto por Aluminio 1060 con Babbit

¿Para qué?	Investigación de las propiedades mecánicas del material compuesto mediante pulvimetalurgia según la configuración establecida para definir la mejor composición.
¿Quién? ¿Quiénes?	El presente trabajo experimental se realizará por el investigador Daniel Gavilanes bajo la dirección y tutoría del Ing. Mg. Gonzalo López y los ensayos de tracción y flexión fue realizado por el In. Esteban López (Analista Técnico de Pruebas e Inspecciones CFPMC)
¿A quiénes?	El polvo de Aluminio 1060 y Babbit se convino mediante mezcla mecánica y compactados en moldes para obtener probetas y sometidos a ensayos de tracción, dureza y desgaste.
¿Cuándo?	El presente trabajo experimental fue desarrollado en el periodo comprendido entre junio 2017 julio 2018
¿Dónde?	En las instalaciones de la Universidad Técnica de Ambato específicamente en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica campus Huachi Chico y en El Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

Fuente: [Autor]

3.5.PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Los resultados de los ensayos de tracción, dureza y desgaste, se tabularon y se presentaron en diagramas y gráficas para mostrar en resumen las propiedades mecánicas que fueron obtenidos de la aleación Aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 Alloy 2.

Una vez obtenido los datos serán procesados y estudiados de la siguiente forma:

- Reconocimiento de la información bibliográfica recogida.
- Selección de la información más relevante y puntual.
- Recolección de materia prima (aluminio 1060); cables de alumbrado público.
- Análisis químico de los lingotes de Aluminio1060 y Babbit ASTM B 23 Alloy 2.

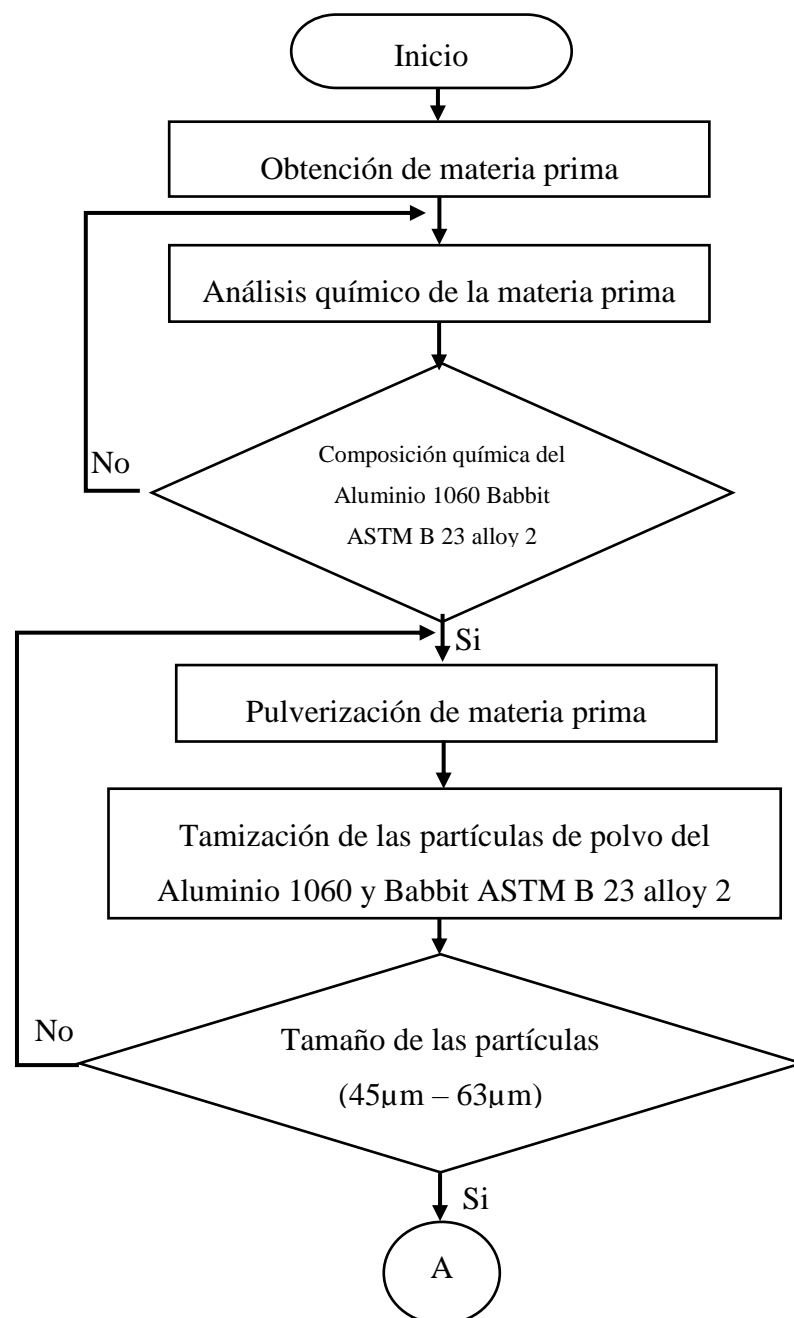
- Pulverización del material Aluminio 1060 y Babbit ASTM B 23 Alloy 2 mediante un molino de bolas.
- Tamización del polvo Aluminio 1060 y Babbit ASTM B 23 Alloy 2 mediante zarandas, el tamaño de las partículas.
- Calculo de fracción volumétrica del material base y aleado.
- Mezcla mecánica de las aleaciones realizado en el molino de bolas
- Compactación de las diferentes probetas mediante prensa hidráulica (270MPa).
- Verificación dimensional de probetas de los diferentes ensayos.
- Sinterización de las diferentes probetas a 660°C mediante horno eléctrico.
- Ensayo de tracción de las diferentes probetas de la aleación obtenida.
- Ensayo de dureza de las diferentes probetas de la aleación obtenida
- Ensayo de desgaste de las diferentes probetas de la aleación obtenida.
- Tabulación de los resultados y se realizara las conclusiones pertinentes para el análisis e interpretación de resultados.

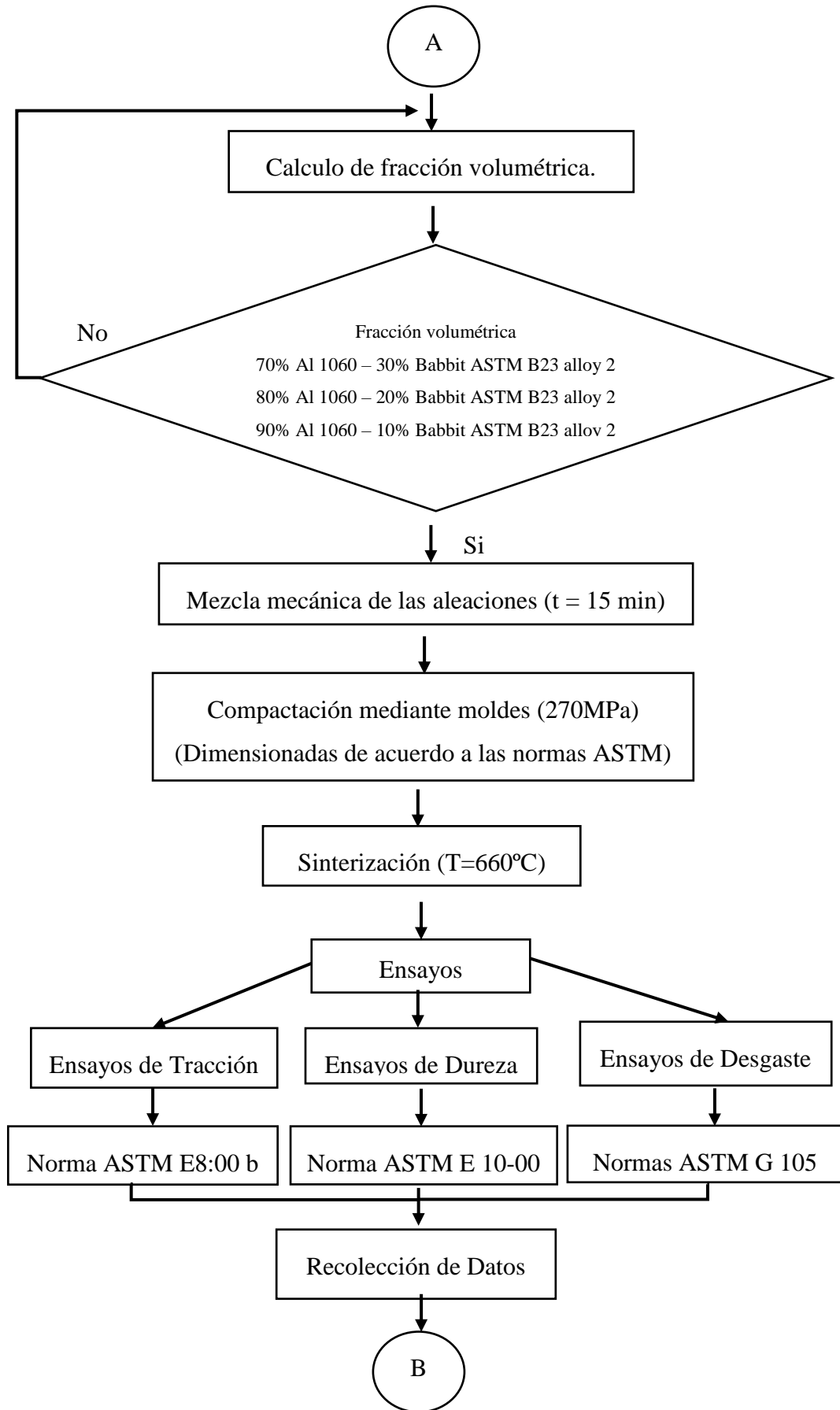
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1.RECOLECCIÓN DE DATOS.

4.1.1. Diagrama del proceso de obtención del material compuesto





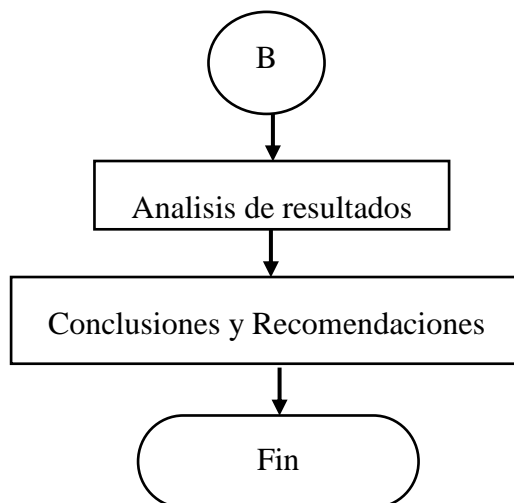


Figura 6. Diagrama de procesos de obtención de probetas de ensayo.

Fuente: [Autor]

4.1.2. Obtención de materia prima

A. Recolección de cables de tendido eléctrico de alta tensión (aluminio 1060).

Para la obtención del aluminio 1060 se recolecto cables del tendido eléctrico, los cuales son retirados en diferentes zonas del Cantón Ambato.



Figura 7. Cables del tendido eléctrico.

Fuente: [Autor]

B. Obtención Babbit b 23 alloy 2

El material Babbit b 23 alloy 2 denominado así por la norma ASTM se lo obtuvo de la empresa “Inrioch S.A.”, la cual le denomina al material “Metal Antifricción Magnolia – Tandem”.

4.1.3. Análisis químico

Para la verificación de la materia prima Aluminio 1060 y Babbit B 23 alloy 2 se realizó el proceso de Espectrometría por XRF el cual se realizó en el Centro de Fomento Carrocero de la Provincia de Tungurahua

Tabla 9. Resultados de ensayos por espectrometría XRF



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	0,20	Anexo 3. 05/12/17 #11
	+/- Error	0,13	0,11	0,06	0,02	0,05	0,01	

Probeta		Elementos			Evidencia
		LE	Fe	Zn	
050301174420170607-ERX 02	% Contenido	99,674	0,216	0,109	Anexo 4. 05/12/17 #12
	+/- Error	0,010	0,009	0,003	

Probeta		Elementos							Evidencia
		LE(Al)	Sn	Cu	Fe	Zn	Sb	Pb	
050301174420170607-ERX 03	% Contenido	88,26	14,05	0,83	0,79	0,081	1,23	0,054	Anexo 5. 11/20/17 #12
	+/- Error	0,38	0,32	0,02	0,03	0,005	0,03	0,004	

Nota: Las siglas ND significan que el elemento descrito (No se determinó). LE: Elementos ligeros medidos.

Fuente: [Autor]

4.1.4. Pulverización

La obtención del polvo metálico se empleó como base la viruta del material seleccionado, el cual se lo llevo al molino de bolas y se dejó un tiempo prudencial hasta obtener el tamaño de grano deseado.



Figura 8. Molino de bolas

Fuente: [Autor]

4.1.5. Tamización

Ya molido el material se procedió a verter en los tamices, la cantidad no debe de superar a 0.5 Kg por un tiempo de 0.5 horas, estos datos son de acuerdo a la capacidad de la máquina y de la efectividad que se desea conseguir para evitar pérdidas; este paso nos permite obtener el tamaño de la partícula requerida.



Figura 9. Tamizadora.

Fuente: [Autor]

4.1.6. Calculo de fracción volumétrica

Tabla 10. Fracción Volumétrica.

Identificación	Fracción Volumétrica (%)	Peso (g)	Aluminio 1060 (g)	Babbit B 23 Alloy 2 (g)
D (tracción)	90 Aluminio / 10 Babbit	6	5.4	0.6
D (desgaste)		45	40.5	4.5
E (tracción)	80 Aluminio / 20 Babbit	6	4.8	1.2
E (desgaste)		45	36	9
F (tracción)	70 Aluminio / 30 Babbit	6	3.3	2.7
F (desgaste)		45	31.5	13.5

Fuente: [Autor]

4.1.7. Mezcla mecánica

La mezcla planteada hace referencia a una mezcla mecánica, para lo cual se utilizó el molino de bolas en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en la cual las fracciones volumétricas planteadas



Figura 10. Mezcla de polvo por aleación mecánica

Fuente: [Autor]

4.1.8. Compactación

El material obtenido mediante mezcla mecánica en la cantidad apropiada en cada molde utilizados para P/M, el cual ingresa la maquina prensadora ubicada en los laboratorios de carrera de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato la cual ejerció una presión de compactación de 270 MPa según la investigación realizada.



Figura 11. Maquina prensadora.

Fuente: [Autor]

4.1.9. Sinterizado

Después del proceso de compactación, las probetas obtenidas se introdujeron recubiertas por arena refractaria la cual protege el contacto directo con el oxígeno, evitando la oxidación de la superficie de dichas probetas; las probetas dentro del horno alcanzan una temperatura de 660°C por un tiempo de una hora.






Figura 12. Horno.

Fuente: [Autor]

4.1.10. Tabulación de resultados de los ensayos realizados

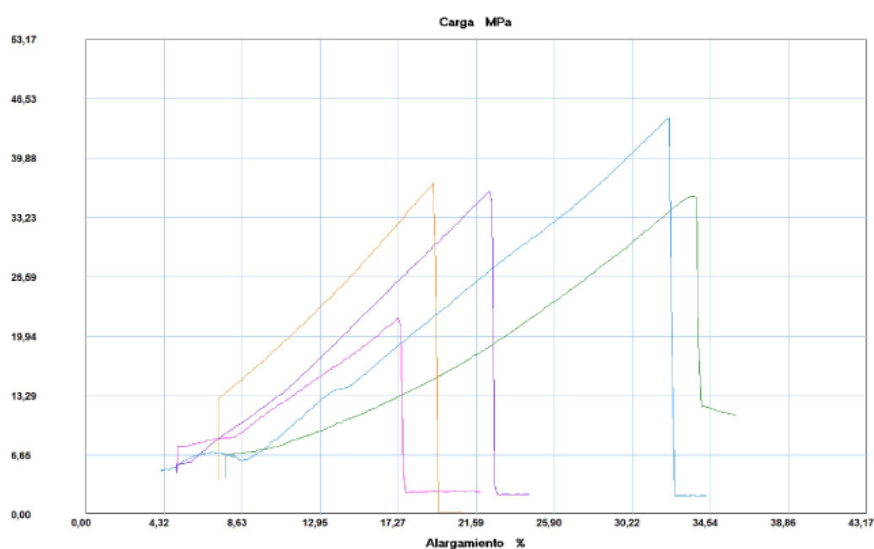
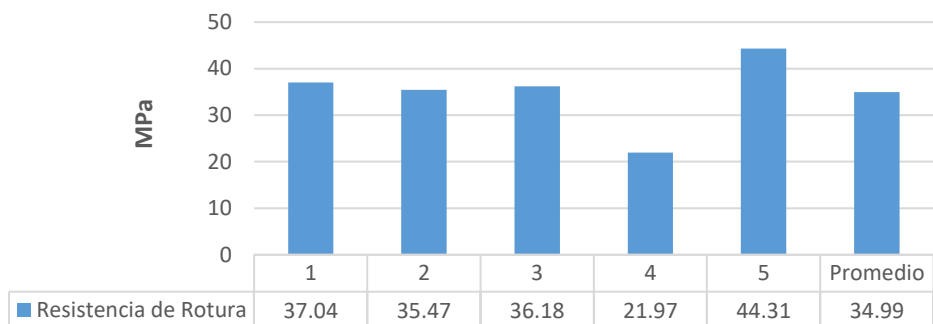
4.1.11. Tabulación de datos de las probetas ensayadas a tracción.

Ficha de Datos 1. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbit ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	20/11/2017		Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARAMETROS DE ENSAYOS						
Tipo de ensayo	TRACCIÓN		Norma:	ASTM E8		
Matriz	Aluminio 1060		Fracción volumétrica	90%		
Refuerzo	Babbit b 23 alloy 2		Fracción volumétrica	10%		
Granulometría	Grano mixto		Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa		Temperatura de sinterizado	660 °C		
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Espesor	4.13		
RESULTADOS						
Probeta	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% Elongación
D1	968.77	145.16	37.04	5.55	1089.41	3.4
D2	934.06	151.47	35.47	5.75	593.14	5.98
D3	645.11	142	36.18	5.44	915.95	3.95
D4	482.81	157.78	21.97	7.18	717.97	3.06
D5	1188.09	132.53	44.31	4.94	776.01	5.71
Promedio	903.77	145.79	34.99	5.77	818.49	4.42
Desviación Estándar S_{n-1}	257.34	9.57	8.1	0.84	190.78	1.34
Coefficiente de Variación CV	28.47	6.57	23.14	14.58	23.31	30.4
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Resistencia de Rotura



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	968,77	145,16	968,77	37,04	5,55	37,04
2	937,22	151,47	934,06	35,59	5,75	35,47
3	945,11	142,00	945,11	36,18	5,44	36,18
4	482,81	157,78	482,81	21,97	7,18	21,97
5	1188,09	132,53	1188,09	44,31	4,94	44,31
Media	904,400	145,788	903,768	35,019	5,772	34,995
Desv. Std	257,437	9,574	257,341	8,098	0,842	8,096
Coef. V.	0,285	0,066	0,285	0,231	0,146	0,231
+3 Sigma	1676,712	174,509	1675,790	59,312	8,298	59,282

EVALUACIÓN

- El espesor promedio de las probetas de aleación 90% Aluminio y 10% Babbit b 23 alloy 2 fue 4.13mm
- El comportamiento del grupo ensayado es:
Resistencia de Rotura 34.99 MPa,
Limite de Fluencia 5.77 MPa.

OBSERVACIÓN

- Las probetas D1,D2,D3, se indentificó la ruptura en la zona de calibrada.
- Todas las probetas cumplen con las dimensiones.

Elaborado por:

Sr. Daniel Gavilanes

Aprobado por:

Ing. Mg. Gonzalo López

Revisado por:




Ing. Esteban Lopez

Validado por:

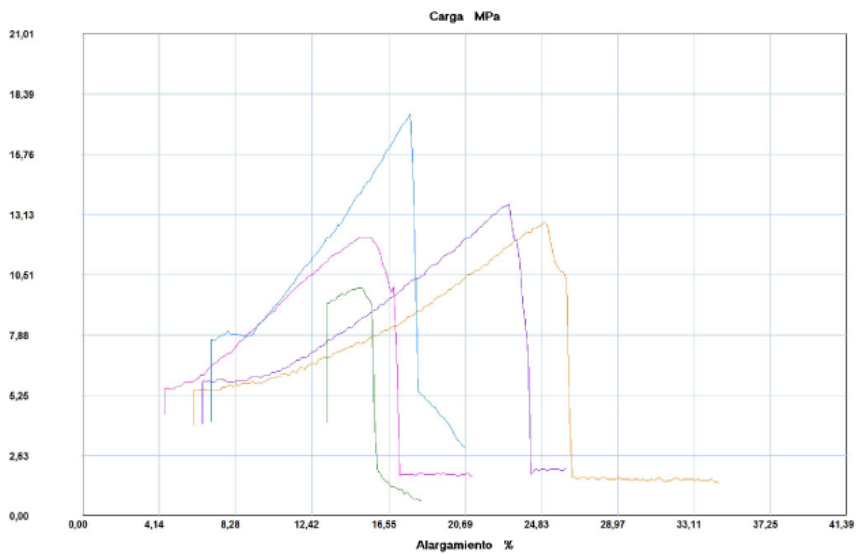
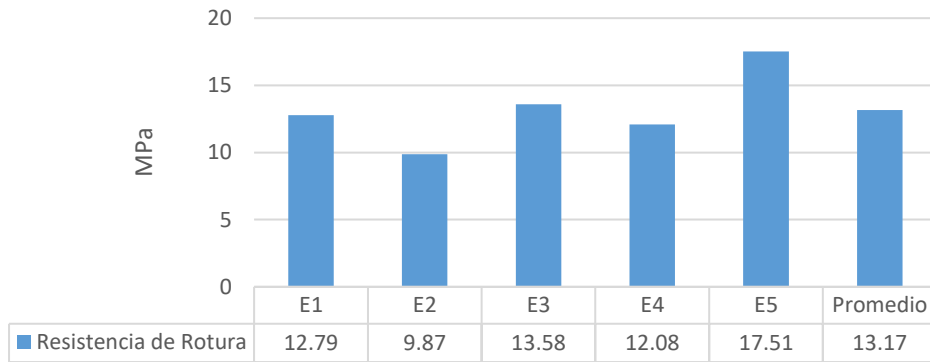
Ing. Mg. Gonzalo López

Fuente: [Autor]

Ficha de Datos 2. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> FICHA DE RECOLECCION DE DATOS </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	20/11/2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARAMETROS DE ENSAYOS						
Tipo de ensayo	TRACCIÓN	Norma:	ASTM E8			
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	80%			
Refuerzo	Babbit b 23 alloy 2	Fracción volumétrica	20%			
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm			
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C			
Dimensión (mm):	Ancho	6.34	Espesor	4.14		
RESULTADOS						
Probeta	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% Elongación
E1	339.23	126.22	12.79	4.76	288.71	4.43
E2	244.56	108.87	9.87	4.39	366.91	2.69
E3	356.58	127.8	13.58	4.87	332.84	4.08
E4	334.49	146.74	12.08	5.3	436.1	2.77
E5	455.99	138.85	17.51	5.33	559.42	3.13
Promedio	346.17	129.7	13.17	4.93	396.796	3.42
Desviación Estándar S_{n-1}	75.3	14.35	2.79	0.39	105.66	0.79
Coefficiente de Variación CV	21.75	11.06	21.22	7.99	26.63	23.11
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						
GRÁFICAS						

Resistencia de Rotura



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	339,23	126,22	339,23	12,79	4,76	12,79
2	246,14	108,87	244,56	9,94	4,39	9,87
3	356,58	127,80	356,58	13,58	4,87	13,58
4	336,07	146,74	334,49	12,14	5,30	12,08
5	455,99	138,85	455,99	17,51	5,33	17,51
Media	346,802	129,696	346,170	13,192	4,931	13,168
Desv. Std	74,704	14,350	75,296	2,769	0,393	2,793
Coef. V.	0,215	0,111	0,218	0,210	0,080	0,212
+3 Sigma	570,915	172,746	572,058	21,500	6,110	21,548

EVALUACIÓN

- El espesor promedio de las probetas de aleacion 80% Aluminio y 20% Babbit b 23 alloy 2 fue 4.14
- El comportamiento del grupo ensayado es:
Resistencia de Rotura 13.17 MPa,
Limite de Fluencia 4.93 MPa



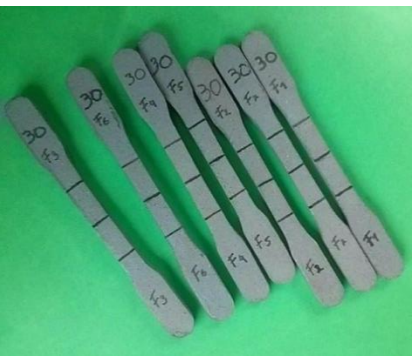
OBSERVACIÓN

- Las probetas E1,E3,E4, se indentificó la ruptura en la zona de calibrada.
- Todas las probetas cumplen con las dimensiones.

Elaborado por:	Sr. Daniel Gavilanes	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Esteban Lopez	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

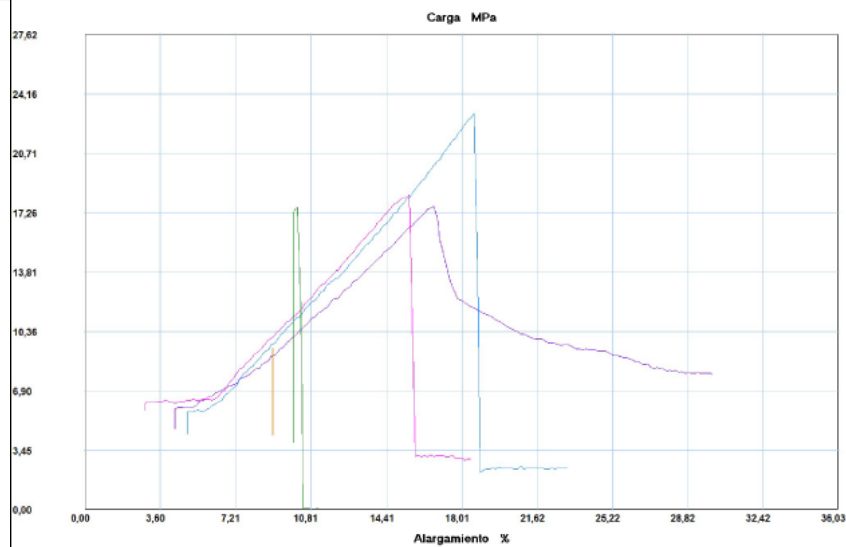
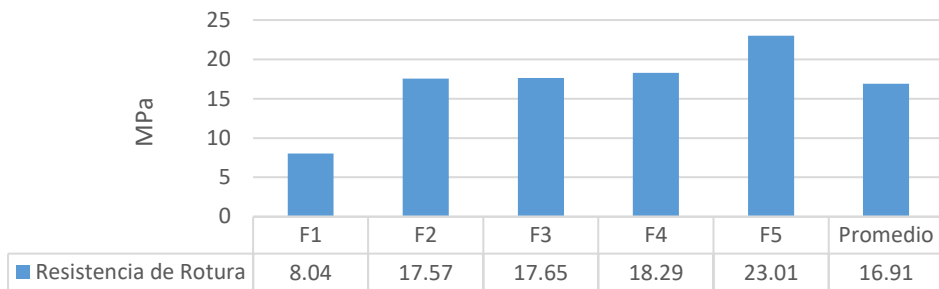
Fuente: [Autor]

Ficha de Datos 3. Ficha técnica de ensayos de tracción del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbit ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> FICHA DE RECOLECCION DE DATOS </div>  </div>						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	20/11/2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARAMETROS DE ENSAYOS						
Tipo de ensayo	TRACCIÓN	Norma:	ASTM E8			
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	70%			
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	30%			
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm			
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C			
Dimensión (mm):	Ancho	6.36	Espesor	4.088		
RESULTADOS						
Probeta	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	% Elongación
F1	227.2	134.11	8.04	4.75	903.37	0.89
F2	438.63	118.33	17.57	4.74	976.11	1.8
F3	446.52	145.16	17.65	5.74	598.31	2.95
F4	448.10	153.05	18.29	6.25	667.52	2.74
F5	566.43	140.42	23.01	5.7	699.39	3.29
Promedio	435.38	138.21	16.91	5.44	768.94	2.33
Desviación Estándar S_{n-1}	122.79	13.09	5.45	0.67	162.19	0.98
Coefficiente de Variación CV	28.87	9.47	32.22	12.27	21.09	41.9
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Resistencia de Rotura



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	265,07	134,11	227,20	9,38	4,75	8,04
2	438,63	118,33	438,63	17,57	4,74	17,57
3	446,52	145,16	446,52	17,65	5,74	17,65
4	448,10	153,05	448,10	18,29	6,25	18,29
5	566,43	140,42	566,43	23,01	5,70	23,01
Media	432,950	138,214	425,376	17,181	5,435	16,912
Desv. Std	107,757	13,090	122,790	4,909	0,667	5,448
Coef. V.	0,249	0,095	0,289	0,286	0,123	0,322
+3 Sigma	756,222	177,485	793,745	31,908	7,436	33,258

EVALUACIÓN

- El espesor promedio de las probetas de aleación 70% Aluminio y 30% Babbit b 23 alloy 2 fue 4.088
- El comportamiento del grupo ensayado es:
Resistencia de Rotura 16.9 MPa,
Limite de Fluencia 5.44 MPa

OBSERVACIÓN

- Las probetas F2,F3,F4, se indentificó la ruptura en la zona de calibrada.
- Todas las probetas cumplen con las dimensiones.

Elaborado por:

Sr. Daniel Gavilanes

Aprobado por:

Ing. Mg. Gonzalo López

Revisado por:

Ing. Esteban Lopez



Validado por:

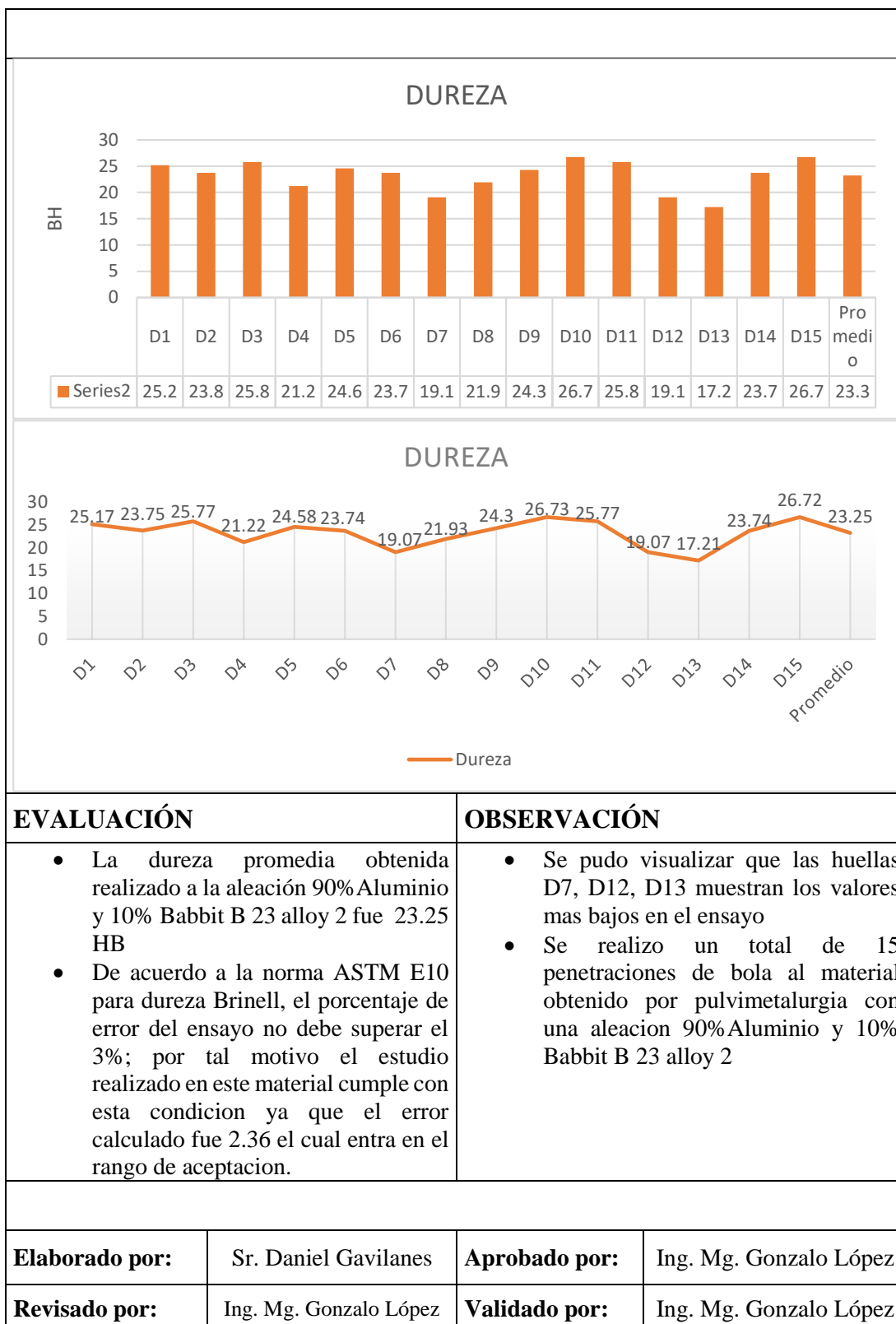
Ing. Mg. Gonzalo López

Fuente: [Autor]

4.1.12. Tabulación de datos de las probetas ensayadas de dureza.



Ficha de Datos 4. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbit ASTM B23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

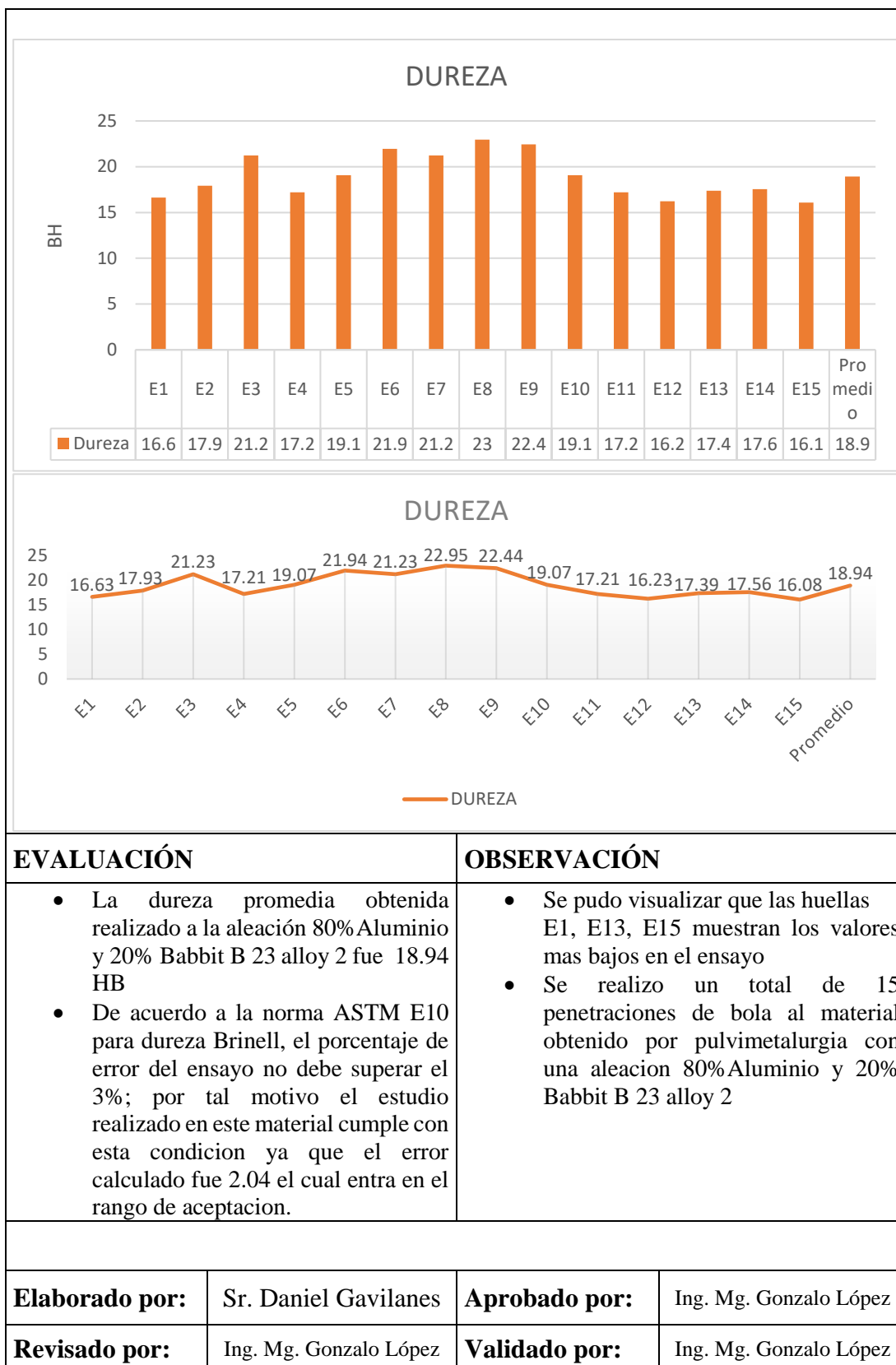
		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	20/12/2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA				
Máquina:	Hardness Tester model HBRV– 187.5				
PARAMETROS DE ENSAYOS					
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)	Norma:	ASTM E10		
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	90%		
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	10%		
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C		
Fuerza aplicada	612.9 N				
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo	4.13	
RESULTADOS					
Nombre Huella.	Fuerza aplicada (N)	Dureza Obtenida (BH)		Error (H-H)	
D1	612.9	25.17		-1.92	
D2	612.9	23.75		-0.49	
D3	612.9	25.77		-2.52	
D4	612.9	21.22		2.03	
D5	612.9	24.58		-1.33	
D6	612.9	23.74		-0.49	
D7	612.9	19.07		4.18	
D8	612.9	21.93		1.32	
D9	612.9	24.3		-1.05	
D10	612.9	26.73		-3.47	
D11	612.9	25.77		-2.52	
D12	612.9	19.07		4.18	
D13	612.9	17.21		6.04	
D14	612.9	23.74		-0.49	
D15	612.9	26.72		-3.47	
Promedio	612.9	23.25		2.36 (error)	
GRÁFICAS					



Fuente: [Autor]



Ficha de Datos 5. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

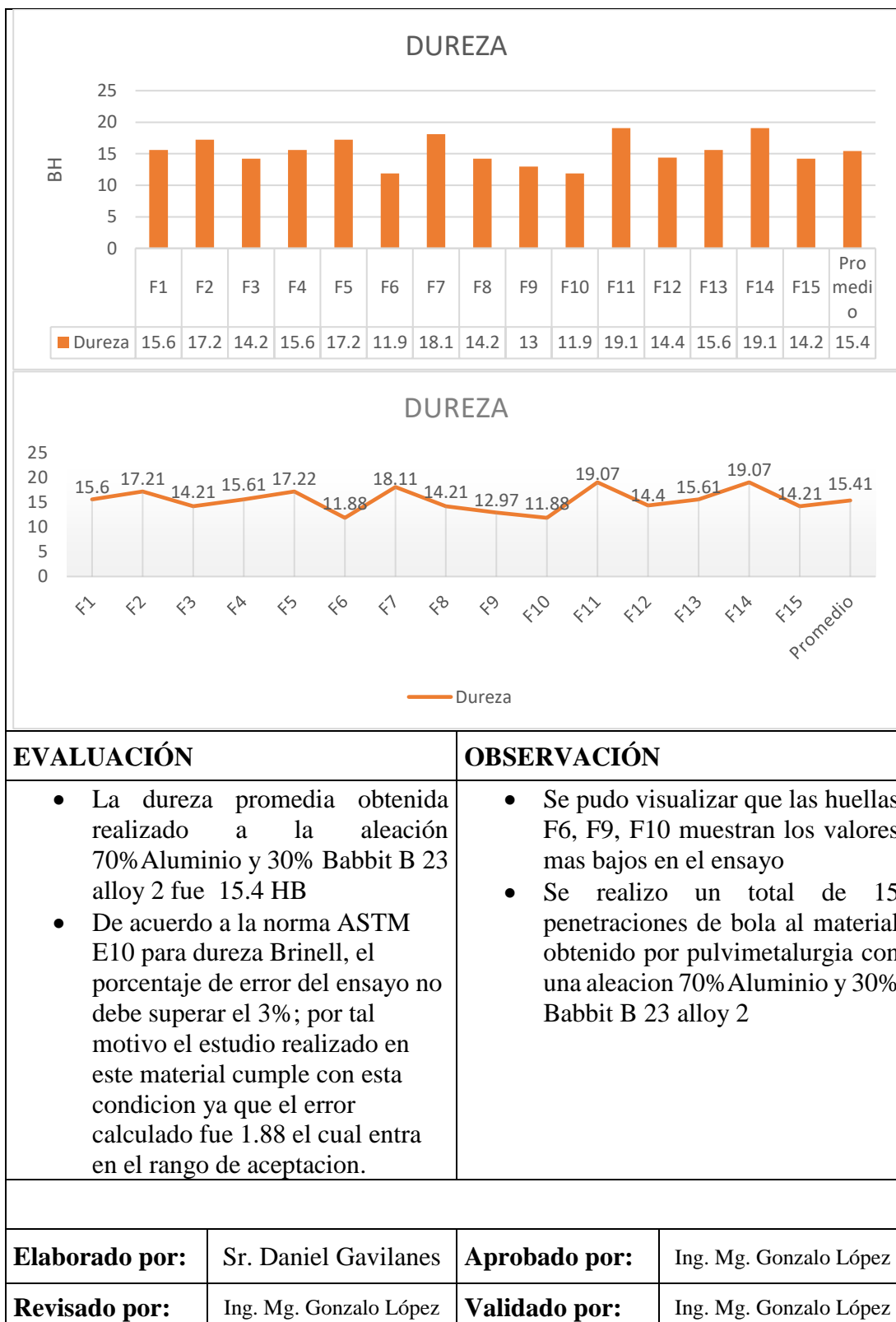
 			
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	20/12/2017	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA		
Máquina:	Hardness Tester model HBRV– 187.5		
PARAMETROS DE ENSAYOS			
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)	Norma:	ASTM E10
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	80%
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	20%
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C
Fuerza aplicada	612.9 N		
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo 4.13
RESULTADOS			
Nombre Huella.	Fuerza aplicada (N)	Dureza Obtenida (BH)	Error (H-H)
E1	612.9	16.63	2.32
E2	612.9	17.93	1.01
E3	612.9	21.23	2.28
E4	612.9	17.21	1.72
E5	612.9	19.07	0.12
E6	612.9	21.94	2.99
E7	612.9	21.23	2.28
E8	612.9	22.95	4
E9	612.9	22.44	3.49
E10	612.9	19.07	0.12
E11	612.9	17.21	1.72
E12	612.9	16.23	2.71
E13	612.9	17.39	1.55
E14	612.9	17.56	1.37
E15	612.9	16.08	2.87
Promedio	612.9	18.94	2.04 (error)
GRÁFICAS			



Fuente: [Autor]

Ficha de Datos 6. Ficha técnica de ensayos de Dureza Brinell del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.



		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	20/12/2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA				
Máquina:	Hardness Tester model HBRV– 187.5				
PARAMETROS DE ENSAYOS					
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)	Norma:	ASTM E10		
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	70%		
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	30%		
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C		
Fuerza aplicada	612.9 N				
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo	4.13	
RESULTADOS					
Nombre Huella.	Fuerza aplicada (N)	Dureza Obtenida (BH)		Error (H-H)	
F1	612.9	15.6		0.19	
F2	612.9	17.21		1.79	
F3	612.9	14.21		1.21	
F4	612.9	15.61		0.19	
F5	612.9	17.22		1.79	
F6	612.9	11.88		3.53	
F7	612.9	18.11		2.69	
F8	612.9	14.21		1.21	
F9	612.9	12.97		2.44	
F10	612.9	11.88		3.53	
F11	612.9	19.07		3.65	
F12	612.9	14.40		1.01	
F13	612.9	15.61		0.19	
F14	612.9	19.07		3.65	
F15	612.9	14.21		1.21	
Promedio	612.9	15.41		1.88 (error)	
GRÁFICAS					

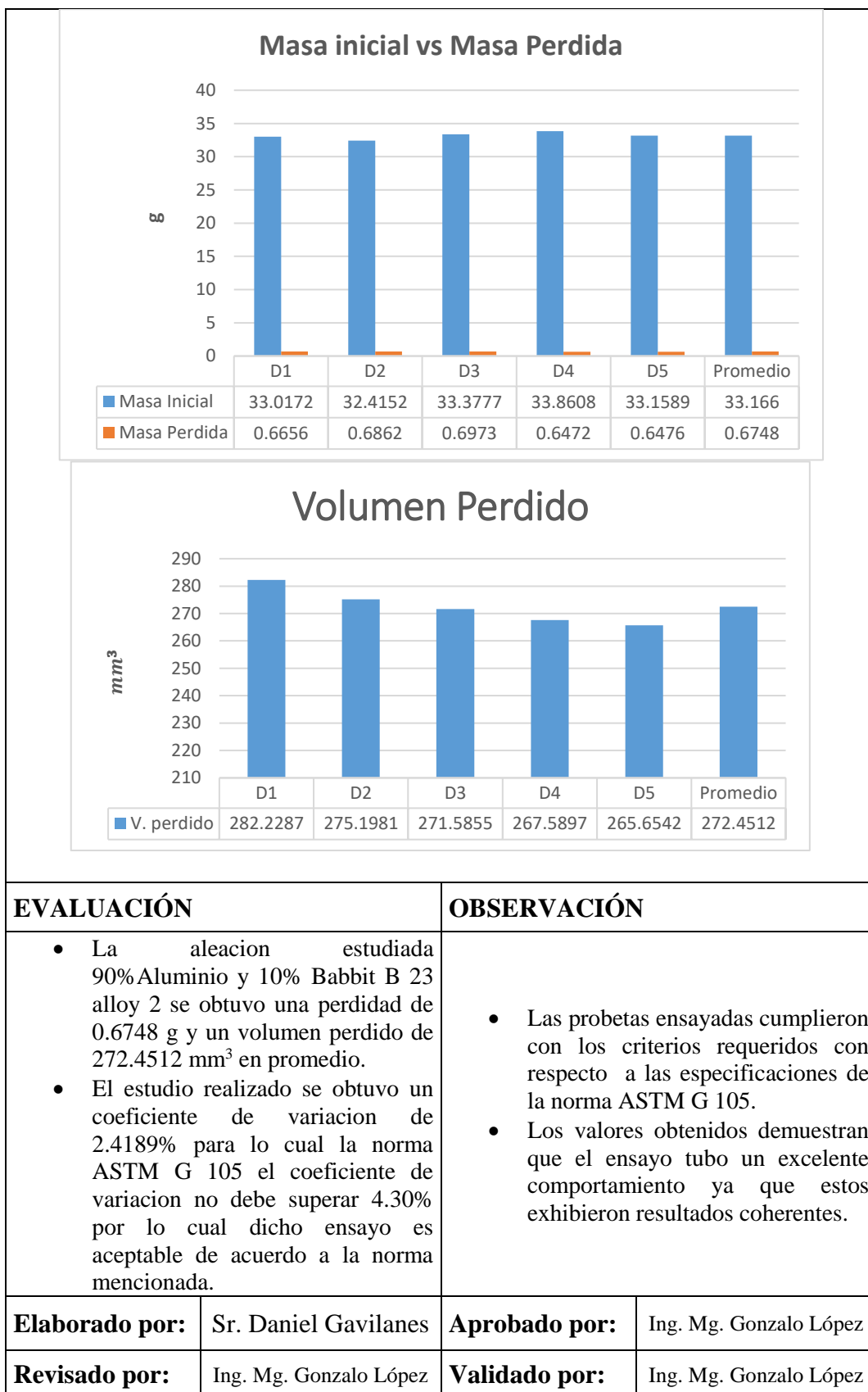


Fuente: [Autor]

4.1.13. Tabulación de datos de las probetas ensayadas a desgaste.



Ficha de Datos 7. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 90%Al 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

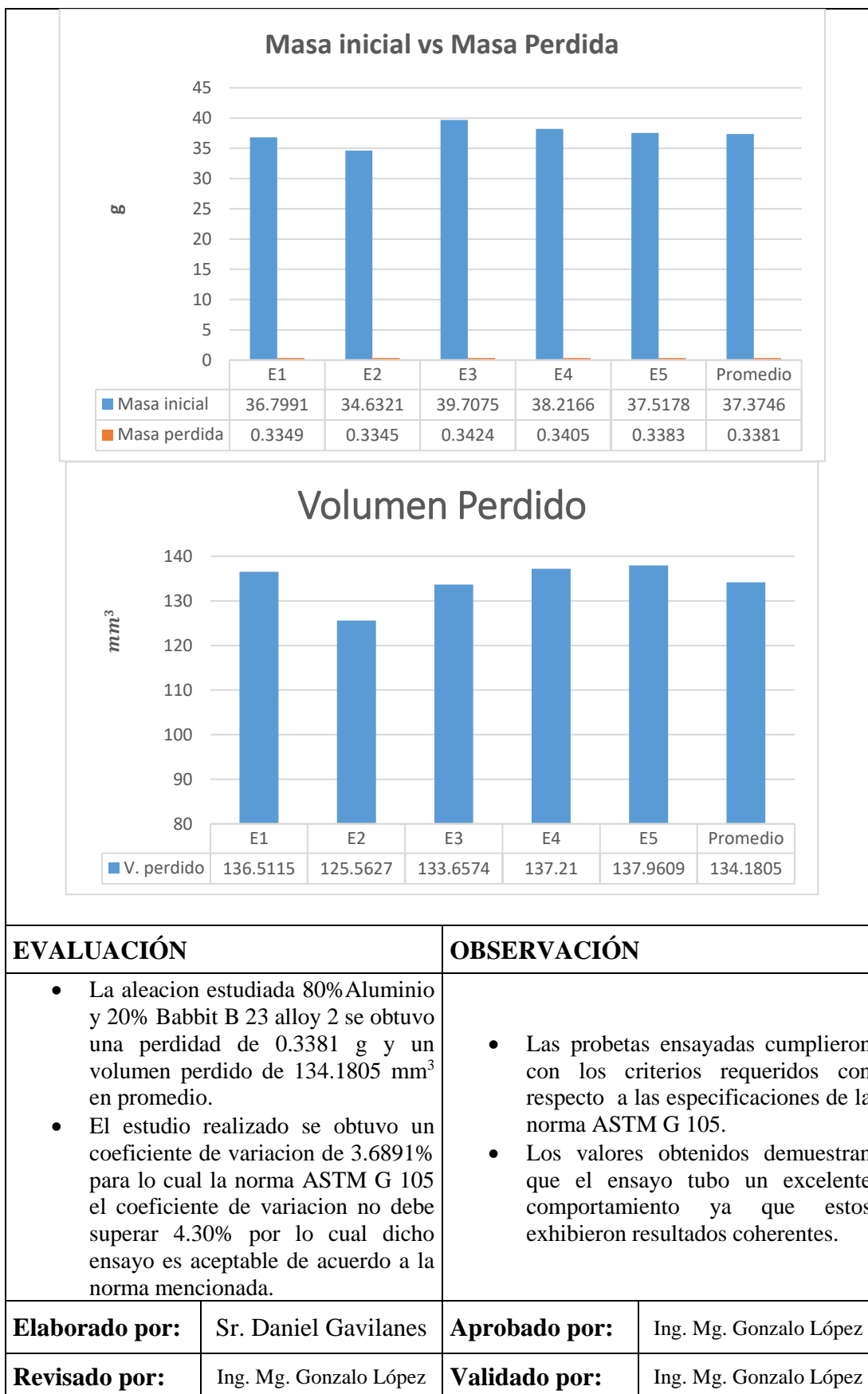
 					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	20/01/2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA				
Máquina:	Máquina de desgaste				
PARAMETROS DE ENSAYOS					
Tipo de ensayo	DESGASTE	Norma:	ASTM G 105		
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	90%		
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	10%		
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C		
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo	4.13	
Tipo de ensayo	Cuantitativo	Precarga	222 N		
Peso (4decimales)	0.0001 g	Revoluciones	1000 rpm		
Arena cuarzo redondeado	1.5 Kg	Agua desionizada	0.94 Kg		
RESULTADOS					
Probeta	Masa Inicial (g)	Densidad (g/cm ³)	Masa Perdida (g)	Volumen Perdido (mm ³)	Y-Ȳ
D1	33.0172	2.3584	0.6656	282.2287	9.7774
D2	32.4152	2.4935	0.6862	275.1981	2.7468
D3	33.3777	2.5675	0.6973	271.5855	-0.8657
D4	33.8608	2.4186	0.6472	267.5897	-4.8616
D5	33.1589	2.55507	0.6476	265.6542	-6.7670
Promedio	33.1660	2.4777	0.6748	272.4512	
Desviación Estándar S_{n-1}	6.5903		Coefficiente de Variación CV	2.4189%	
GRÁFICAS					



Fuente: [Autor]



Ficha de Datos 8. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

 					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	20/01/2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA				
Máquina:	Máquina de desgaste				
PARAMETROS DE ENSAYOS					
Tipo de ensayo	DESGASTE	Norma:	ASTM G 105		
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	80%		
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	20%		
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C		
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo	4.13	
Tipo de ensayo	Cuantitativo	Precarga	222 N		
Peso (4decimales)	0.0001 g	Revoluciones	1000 rpm		
Arena cuarzo redondeado	1.5 Kg	Agua desionizada	0.94 Kg		
RESULTADOS					
Probeta	Masa Inicial (g)	Densidad (g/cm ³)	Masa Perdida (g)	Volumen Perdido (mm ³)	Y-Ȳ
E1	36.7991	2.4533	0.3349	136.5115	2.3310
E2	34.6321	2.6640	0.3345	125.5627	-8.6178
E3	39.7075	2.5618	0.3424	133.6574	-0.5231
E4	38.2166	2.4816	0.3405	137.2100	3.0295
E5	37.5178	2.4521	0.3383	137.9609	3.7804
Promedio	37.3746	2.5226	0.3381	134.1805	
Desviación Estándar S_{n-1}	4.95		Coficiente de Variación CV	3.6891%	
GRÁFICAS					



Fuente: [Autor]

Ficha de Datos 9. Ficha técnica de ensayos de desgaste del material obtenido por P/M, 70%Al 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado por aleación mecánica.

 					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	20/01/2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica FICM-UTA				
Máquina:	Máquina de desgaste				
PARAMETROS DE ENSAYOS					
Tipo de ensayo	DESGASTE	Norma:	ASTM G 105		
Matriz	Aluminio 1060	Fracción volumétrica	70%		
Refuerzo	Babbit B 23 alloy 2	Fracción volumétrica	30%		
Granulometría	Grano mixto	Tamaño de las partículas	45µm - 63µm		
Presión de compactación	270 MPa	Temperatura de sinterizado	660 °C		
Dimensión (mm):	Ancho	6.358	Largo	4.13	
Tipo de ensayo	Cuantitativo	Precarga	222 N		
Peso (4decimales)	0.0001 g	Revoluciones	1000 rpm		
Arena cuarzo redondeado	1.5 Kg	Agua desionizada	0.94 Kg		
RESULTADOS					
Probeta	Masa Inicial (g)	Densidad (g/cm ³)	Masa Perdida (g)	Volumen Perdido (mm ³)	Y-Ȳ
F1	38.4463	2.7462	0.9022	328.5310	11.5103
F2	40.6454	2.9032	0.9413	324.2237	7.2030
F3	40.4546	2.8896	0.9123	315.7169	-1.3038
F4	41.0932	2.7395	0.8356	305.014	-12.0067
F5	40.2005	2.789	0.8948	311.6180	-5.4027
Promedio	40.1680	2.8300	0.8972	317.0207	
Desviación Estándar S_{n-1}	7.5321		Coefficiente de Variación CV	2.3759%	
GRÁFICAS					

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> La aleación estudiada 70% Aluminio y 30% Babbit B 23 alloy 2 se obtuvo una pérdida de 0.8972 g y un volumen perdido de 317.0207 mm³ en promedio. El estudio realizado se obtuvo un coeficiente de variación de 2.3759% para lo cual la norma ASTM G 105 el coeficiente de variación no debe superar 4.30% por lo cual dicho ensayo es aceptable de acuerdo a la norma mencionada. 		<ul style="list-style-type: none"> Las probetas ensayadas cumplieron con los criterios requeridos con respecto a las especificaciones de la norma ASTM G 105. Los valores obtenidos demuestran que el ensayo tuvo un excelente comportamiento ya que estos exhibieron resultados coherentes. 	
Elaborado por:	Sr. Daniel Gavilanes	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

Masa inicial vs Masa Perdida

	F1	F2	F3	F4	F5	Promedio
Masa Inicial	38.4463	40.6454	40.4546	41.0932	40.2005	40.168
Masa perdida	0.9022	0.9413	0.9123	0.8356	0.8948	0.8972

Volumen Perdido

	F1	F2	F3	F4	F5	Promedio
V. perdido	328.531	324.2237	315.7169	305.014	311.618	317.0207


4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Realizado el estudio se obtuvo las propiedades mecánicas como Dureza, Desgaste y Tracción que se presenta en la Ficha de datos 10; en la cual se analiza y compara cada caso por sus diversos valores de fracción volumétrica de cada material (Aluminio 1060 y Babbit ASTM B 23 alloy 2).

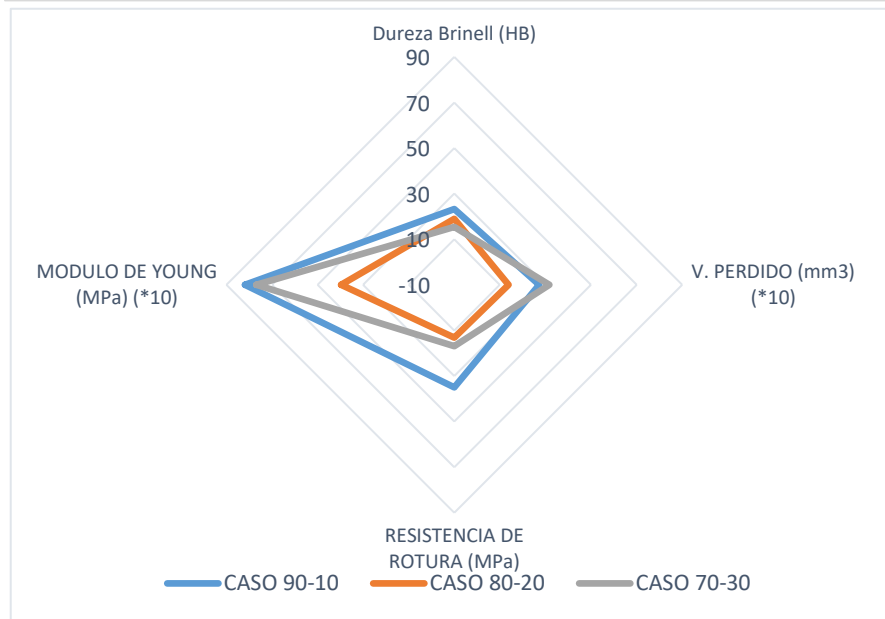
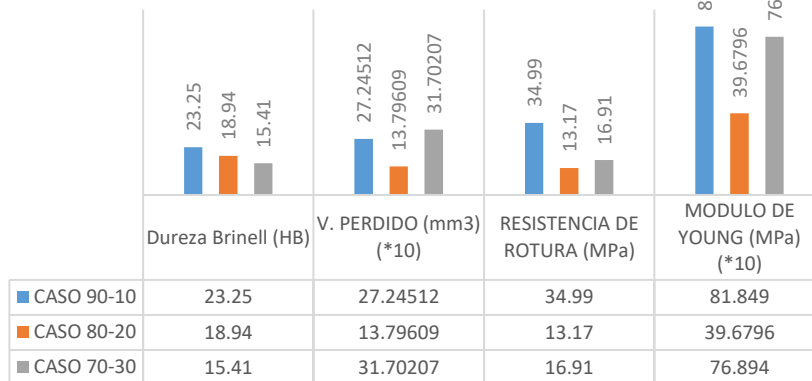
Los requerimientos de cada ensayo impuesto por cada norma para su debido ensayo fueron verificado y aceptado para cada caso.

4.2.1. Determinación del grupo con mejores propiedades mecánicas.

Ficha de Datos 10. Ficha de resultados de los ensayos realizados a los distintos casos.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MATERIAL OBTENIDO POR P/M COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA CON DIFERENTES FRACCIONES VOLUMÉTRICAS (Al 1060 combinado con Babbit ASTM b 23 alloy 2)			
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)	Tipo de ensayo	Tracción
Norma	ASTM E 10	Norma	ASTM E 8
Tipo de ensayo	Desgaste Húmedo	Ciudad	Ambato
Norma	ASTM G 105	Fecha	13/06/2018
RESULTADOS			
	TRACCION		DUREZA
	DESgaste		
	Resistencia de Rotura (MPa)	Módulo de Young (MPa) (x10)	Dureza Brinell (HB)
			Volumen Perdido (mm³) (x10)
CASO 90-10	34.99	81.849	23.25
CASO 80-20	13.17	39.6796	18.94
CASO 70-30	16.91	76.894	15.41
GRÁFICAS			

GRAFICA COMPARATIVA



Caso 90-10: (90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2).

Caso 80-20: (80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2).

Caso 70-30: (70% Aluminio 1060 con 30% Babbit ASTM B 23 alloy 2).

Evaluación

- Los ensayos de Tracción realizados dentro la norma ASTM E 8 se identifica que el Caso 90-10 tiene la mejor resistencia a la rotura y un mejor módulo de elasticidad (Young) el cual representa una fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede observar que soporta un Esfuerzo de Rotura de 34,99 MPa y un Módulo de Young=818,49 MPa.
- Los ensayos de Desgaste con arena húmeda realizados dentro de la norma ASTM G 105 se identifica que el Caso 80-20 presenta una mejor resistencia al desgaste,

perdiendo la menor cantidad de volumen (mm^3) la cual representa una fracción volumétrica de 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede observar que dicho caso tiene la menor pérdida de material de 13.7961 mm^3 .

- Los ensayos de Dureza dentro de la norma ASTM E 10 se identifica que el Caso 90-10 tiene una mejor Dureza Brinell (HB) el cual representa una fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede visualizar una dureza de 23.25 HB.

Elaborado por:	Sr. Daniel Gavilanes	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

4.2.2. Ponderación de las propiedades mecánicas de cada caso ensayado

Ficha de Datos II. Ponderación y criterios de aceptación para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13]

Ensayos	Resistencia de Rotura (MPa)	S	Módulo de Young (MPa) (x10)	S	Dureza Brinell (HB)	S	Desgaste (mm^3) (x10)	S	Calif. (10)
CASO 90-10	34.99	13.3	81.849	15.70813	23.25	4.050	27.24512	2.99736	8.75
CASO 80-20	13.17	-8.52	39.6796	-26.4613	18.94	-0.26	13.79609	-10.45167	5
CASO 70-30	16.91	-4.78	76.894	10.75313	15.41	-3.79	31.70207	7.45431	6.25
Promedio	21.69		66.141		19.200		24.248		
Desviación estándar	11.669		23.050		3.926		9.322		

PONDERACIÓN	
10	Resultado ACEPTABLE
5	Resultado BUENO
0	Resultado RECHAZADO

PARÁMETROS DE LA PONDERACIÓN



Obtenemos los valores promedios de los tres casos existentes y también su desviación estándar, ponderamos los resultados de la siguiente manera:

- 1. Resistencia de Rotura:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.

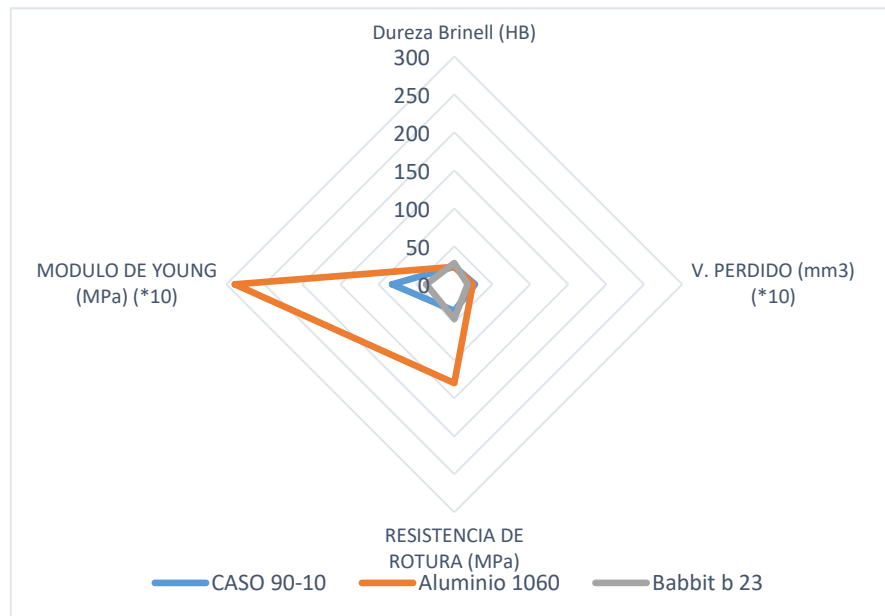
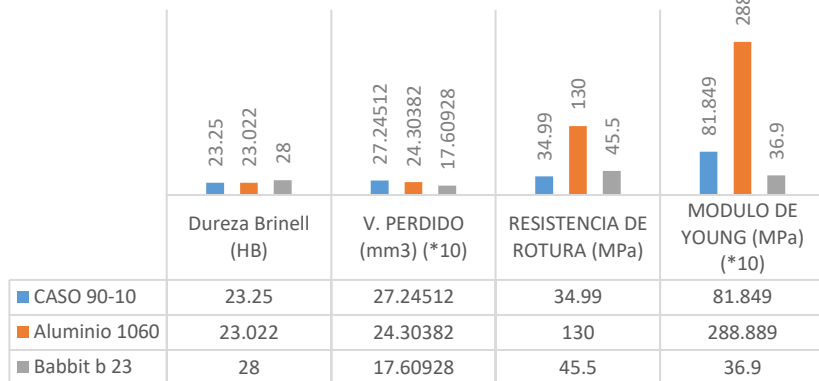
2. **Módulo de Young:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
3. **Dureza Brinell:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
4. **Desgaste:** Aceptable los valores inferiores al promedio. Bueno los valores superiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores superiores a la desviación estándar.

4.2.3. Comparación del mejor material resultante vs aluminio 1060 vs Babbit

Ficha de Datos 12. Ficha comparativa del mejor material resultante vs aluminio 1060 vs Babbit.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MEJOR MATERIAL OBTENIDO POR P/M COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA VS INVESTIGACIONES PREVIAS.			
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)	Tipo de ensayo	Tracción
Norma	ASTM E 10	Norma	ASTM E 8
Tipo de ensayo	Desgaste Húmedo	Ciudad	Ambato
Norma	ASTM G 105	Fecha	13/06/2018
RESULTADOS			
	TRACCION		DUREZA
	DESgaste		
	Resistencia de Rotura (MPa)	Módulo de Young (MPa) (x10)	Dureza Brinell (HB)
	Volumen Perdido (mm³) (x10)		
CASO 90-10	34.99	81.849	23.25
Aluminio 1060	130	288.889	23.022
Babbit B 23	45.5	36.9	28
GRÁFICAS			

GRAFICA COMPARATIVA



Caso 90-10: (90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM b 23 alloy 2).

Aluminio 1060: (100% Aluminio 1060).

Babbit b 23: (100% Babbit ASTM b 23 alloy 2).

Evaluación

- Los ensayos de Tracción realizados dentro la norma ASTM E 8 se identifica que el Aluminio 1060 tiene la mejor resistencia a la rotura y un mejor módulo de elasticidad (Young) de esta manera en la gráfica se puede observar que soporta un Esfuerzo de Rotura de 130 MPa y un Módulo de Young=2888.89 MPa.
- Los ensayos de Desgaste con arena húmeda realizados dentro de la norma ASTM G 105 se identifica que el Babbit b 23 presenta una mejor resistencia al desgaste,

perdiendo la menor cantidad de volumen (mm^3), de esta manera en la gráfica se puede observar que dicho caso tiene la menor pérdida de material de 28 mm^3 .

- Los ensayos de Dureza dentro de la norma ASTM E 10 se identifica que el Babbit b 23 tiene una mejor Dureza Brinell (HB) de esta manera en la gráfica se puede visualizar una dureza de 28 HB.

Elaborado por:	Sr. Daniel Gavilanes	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

Ficha de Datos 13. Ponderación y criterios de aceptación del mejor material obtenido por el método de P/M para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13]

Ensayos	Resistencia de Rotura (MPa)	S	Módulo de Young (MPa) (x10)	S	Dureza Brinell (HB)	S	Desgaste (mm^3) (x10)	S	Calf (10)
CASO 90-10	34.99	-35.173	81.849	-54.030	23.25	-1.507	27.24512	4.19238	5
Aluminio 1060	130	59.837	288.889	153.010	23.022	-1.735	24.30382	1.25108	7.5
Babbit b 23	45.5	-24.663	36.9	-98.979	28	3.243	17.60928	-5.443	7.5
Promedio	70.163		135.879		24.757		23.05274		
Desviación estándar	52.086		134.403		2.811		4.93824		

PONDERACIÓN	
10	Resultado ACEPTABLE
5	Resultado BUENO
0	Resultado RECHAZADO

PARÁMETROS DE LA PONDERACIÓN

Obtenemos los valores promedios de los tres casos existentes y también su desviación estándar, ponderamos los resultados de la siguiente manera:

- Resistencia de Rotura:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- Módulo de Young:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.



3. **Dureza Brinell:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
4. **Desgaste:** Aceptable los valores inferiores al promedio. Bueno los valores superiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores superiores a la desviación estándar.

NOTA: Para realizar la comparación del material del Caso 90-10 por mezcla mecánica, se utilizó valores, datos y tablas presentados en investigaciones realizadas por otros autores

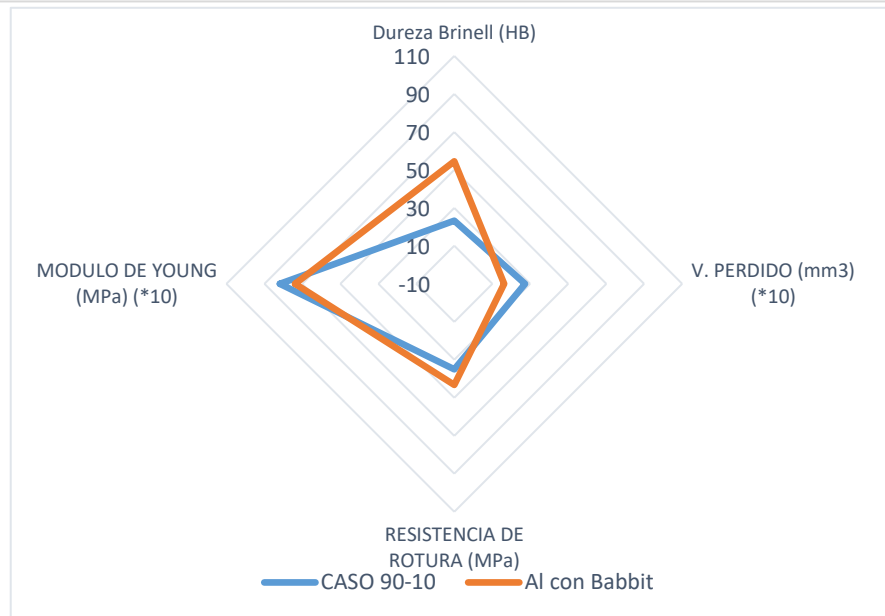
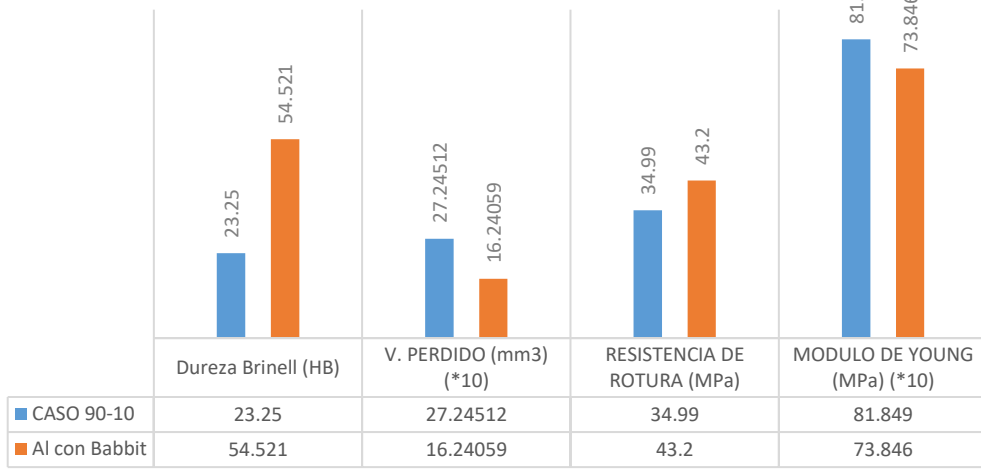
ANEXO 7: Tabla comparativa de materiales por el método P/M (Aluminio 1060 vs Babbit ASTM b23 alloy 2 vs (80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2) [14]

4.2.4. Comparación del mejor material combinado por aleación mecánica resultante vs material combinado por mezcla de polvos.

Ficha de Datos 14. Ficha comparativa del Caso 90-10 vs Al con Babbit de investigaciones previas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MEJOR MATERIAL COMBINADO POR ALEACIÓN MECÁNICA VS MATERIAL COMBINADO POR MEZCLA DE POLVOS OBTENIDO POR P/M CON DIFERENTES FRACCIONES VOLUMÉTRICAS (Al 1060 combinado con Babbit ASTM B 23 alloy 2)					
Tipo de ensayo	Dureza Brinell (HB)		Tipo de ensayo	Tracción	
Norma	ASTM E 10		Norma	ASTM E 8	
Tipo de ensayo	Desgaste Húmedo		Ciudad	Ambato	
Norma	ASTM G 105		Fecha	13/06/2018	
RESULTADOS					
	TRACCIÓN		DUREZA	DESGASTE	
	Resistencia de Rotura (MPa)	Módulo de Young (MPa) (x10)	Dureza Brinell (HB)	Volumen Perdido (mm³) (x10)	
CASO 90-10	34.99	81.849	23.25	27.24512	
Al con Babbit	43.2	73.846	54.521	16.24059	
GRÁFICAS					

GRAFICA COMPARATIVA



Caso 90-10: (90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2). Combinado por mezcla mecánica

Al con Babbit: (80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2). Combinado por mezcla de polvos

Evaluación

- Los ensayos de Tracción realizados dentro la norma ASTM E 8 se identifica que el Al con Babbit tiene la mejor resistencia a la rotura y un mejor módulo de elasticidad (Young) el cual representa una fracción volumétrica de 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede observar que soporta un Esfuerzo de Rotura de 43.2 MPa

<ul style="list-style-type: none"> Los ensayos de Tracción realizados dentro la norma ASTM E 8 se identifica que el Caso 90-10 tiene un mejor módulo de elasticidad (Young) el cual representa una fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede observar el Módulo de Young=818,49 MPa. Los ensayos de Desgaste con arena húmeda realizados dentro de la norma ASTM G 105 se identifica que el material Al con Babbit presenta una mejor resistencia al desgaste, perdiendo la menor cantidad de volumen (mm³) la cual representa una fracción volumétrica de 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede observar que dicho caso tiene la menor perdida de material de 162.4059 mm³. Los ensayos de Dureza dentro de la norma ASTM E 10 se identifica que el material Al con Babbit tiene una mejor Dureza Brinell (HB) el cual representa una fracción volumétrica de 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2 de esta manera en la gráfica se puede visualizar una dureza de 54.521 HB. 			
Elaborado por:	Sr. Daniel Gavilanes	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

Ficha de Datos 15. Ponderación y criterios de aceptación del mejor material obtenido vs Al con Babbit por el método de P/M para los ensayos realizados (Tracción, Dureza Brinell, Desgaste) [13]

Ensayos	Resistencia de Rotura (MPa)	S	Módulo de Young (MPa) (x10)	S	Dureza Brinell (HB)	S	Desgaste (mm ³) (x10)	S	Calf. (10)
CASO 90-10	34.99	-4.105	81.849	4.002	23.25	-15.636	27.24512	5.50227	6.25
Al con Babbit	43.2	4.105	73.846	-4.001	54.521	15.636	16.24059	-5.502	8.75
Promedio	39.095		77.848		38.886		21.74286		
Desviación estándar	5.805		5.659		22.112		7.78138		

PONDERACIÓN	
10	Resultado ACEPTABLE
5	Resultado BUENO
0	Resultado RECHAZADO

PARÁMETROS DE LA PONDERACIÓN

Obtenemos los valores promedios de los tres casos existentes y también su desviación estándar, ponderamos los resultados de la siguiente manera:

- 1. Resistencia de Rotura:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- 2. Módulo de Young:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- 3. Dureza Brinell:** Aceptable los valores superiores al promedio. Bueno los valores inferiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- 4. Desgaste:** Aceptable los valores inferiores al promedio. Bueno los valores superiores al promedio, pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores superiores a la desviación estándar.

NOTA: Para realizar la comparación del material del Caso 90-10 por mezcla mecánica, se utilizó valores, datos y tablas presentados en investigaciones realizadas por otros autores

ANEXO 7: Tabla comparativa de materiales por el método P/M (Aluminio 1060 vs Babbit ASTM B 23 alloy 2 vs (80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2) [14]

4.3.VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

Finalizado los ensayos de tracción, dureza Brinell y desgaste bajo las especificaciones de la Norma ASTM E-8, Norma ASTM E-10 y Norma ASTM G-105 respectivamente; como también de tabular y evaluar los datos, se realiza la demostración de la hipótesis propuesta en la investigación; considerando los parámetros de la media aritmética y la desviación estándar.

La media aritmética indica el valor promedio existente de los resultados y la desviación estándar nos permite plantear un rango superior e inferior, expresando un criterio de aceptación o rechazo partiendo del valor promedio.

Utilizando este tipo de ponderación de resultados, se concluyó cual es la mejor configuración del material compuesto realizado por P/M (Aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2). Se pondera los resultados de resistencia de rotura,

módulo de Young, dureza y desgaste, para lo cual se consideró ciertos parámetros, los cuales fueron la media aritmética y la desviación estándar.

La ponderación de resultados se encuentra en la Ficha de Datos 10. y el resultado global de las propiedades mecánicas obtenidas se visualiza en la Ficha de Datos 11., demuestra que el Caso 90-10 que especifica 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 combinado mediante aleación mecánica, proporciona las mejores propiedades mecánicas.

En investigaciones previas (Anexo 7) se obtiene las propiedades mecánicas del Aluminio 1060 y Babbit AST B 23 alloy 2 donde en la Ficha de Datos 12.se pondero los valores y el resultado global de las propiedades mecánicas obtenidas se visualiza en la Ficha de Datos 13., en la cual se expone que el Caso 90-10 obtenido por el método de P/M combinado por aleación mecánica con una fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B23 alloy 2 no mejora las propiedades de dureza, resistencia a la tracción y desgaste.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.CONCLUSIONES.

Realizado los ensayos se tabulo y analizo los resultados de las propiedades de dureza, desgaste y tracción a las muestras obtenidas por el método de P/M combinado por aleación mecánica con diferentes fracciones volumétricas de aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2, (*Caso 90-10 = 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2; Caso 80-20 = 80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2; Caso 70-30 = 70% Aluminio 1060 con 30% Babbit ASTM B23 alloy 2*) se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Los ensayos de dureza fueron realizados bajo los criterios de aceptación de la norma ASTM E 10 a las probetas obtenidas por el método de P/M combinadas por aleación mecánica con diferentes fracciones volumétricas de Aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 antes mencionadas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultaos:
 - **Caso 90-10:** 23.25 HB
 - **Caso 80-20:** 18.94 HB
 - **Caso 70-30:** 15.41 HB
- Se empleo los criterios de aceptación la norma ASTM E 8 para realizar los ensayos de tracción a las probetas obtenidas por el método de P/M combinadas por aleación mecánica con diferentes fracciones volumétricas de Aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 antes mencionadas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultaos:
 - **Caso 90-10:** Resistencia a la rotura 34.99 MPa
 - **Caso 80-20:** Resistencia a la rotura 13.17 MPa
 - **Caso 70-30:** Resistencia a la rotura 16.91 MPa
- Los ensayos de desgaste en arena húmeda fueron realizados bajo los criterios de aceptación de la norma ASTM G 105 a las probetas obtenidas por el método de P/M combinadas por aleación mecánica con diferentes

fracciones volumétricas de Aluminio 1060 con Babbit ASTM B 23 alloy 2 antes mencionadas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Caso 90-10:** Volumen perdido 272.4512 mm³
- **Caso 80-20:** Volumen perdido 137.9609 mm³
- **Caso 70-30:** Volumen perdido 317.0207 mm³
- Por medio de la ponderación de resultados, se consideró que el CASO 90-10 con la fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 tiene mejores características mecánicas, las cuales son las siguientes:
 - **Resistencia a la rotura:** 34.99 MPa
 - **Módulo de Young:** 818.49 MPa
 - **Dureza Brinell:** 23.25 HB
 - **Desgaste con arena húmeda:** 272.4512 mm³
- Obtenido el resultado de desgaste del Caso 90-10 por el método de P/M combinado por aleación mecánica de 272.4512 mm³ comparado con el metal Antifricción Babbit ASTM B 23 alloy 2 de 176.6131 mm³ (Ficha de Datos 12), lo cual determina que la combinación por aleación mecánica de los polvos Aluminio 1060 y Babbit ASTM B 23 alloy 2 no mejora la propiedad de desgaste (Ficha de Datos 13).
- En investigaciones previas (Anexo 7) se obtuvo la propiedades mecánicas del Aluminio 1060 donde en la Ficha de Datos 12 se pondera los valores y el resultado global de las propiedades mecánicas obtenidas se visualizan en la Ficha de Datos 13., se expone la resistencia de rotura del Caso 90-10 por el método de P/M combinado por aleación mecánica tiene una resistencia de rotura 34.99 MPa comparado con el metal antes mencionado con una resistencia de rotura 130MPa, lo cual determina que la combinación por aleación mecánica de los polvos Aluminio 1060 y Babbit ASTM B 23 alloy 2 no mejora la propiedad a la resistencia de rotura.
- En investigaciones previas (Anexo 7) se obtiene las propiedades mecánicas del Aluminio 1060 y Babbit AST B 23 alloy 2 donde en la Ficha de Datos 12 se pondero los valores y el resultado global de las propiedades mecánicas obtenidas se visualiza en la Ficha de Datos 13, en la cual se expone que el Caso 90-10 obtenido por el método de P/M combinado por aleación mecánica con una fracción

volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 no mejora las propiedades de dureza, resistencia a la tracción y desgaste.

- El material Al con Babbit de investigaciones previas (80% Aluminio 1060 con 20% Babbit ASTM B 23 alloy 2) combinado por mezcla de polvos (Anexo 7) donde en la Ficha de Datos 14 se pondera los valores y el resultado global de las propiedades mecánicas obtenidas se visualiza en la Ficha de Datos 15, en la cual se expone que el Caso 90-10 obtenido por el método de P/M combinado por aleación mecánica con una fracción volumétrica de 90% Aluminio 1060 con 10% Babbit ASTM B 23 alloy 2 con un volumen perdido de 272.24512 mm³ no supera la resistencia por su forma de mezclado al desgaste al material Al con Babbit con un volumen perdido de 162.4059 mm³

5.2.RECOMENDACIONES.

Realizado la investigación a los materiales obtenidos por el método de P/M combinado por aleación mecánica y analizando los resultados proporcionados por el mismo, se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Repotenciar la maquinaria existente del laboratorio de pulvimetalurgia de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato para facilitar y agilizar el proceso de obtención de polvos metálicos.
- Trabajar en una zona aislada libre de impurezas donde brinda la garantía de manipular y transporte de dichos polvos.
- Trabajar con una fracción extra de polvo, por pérdidas en manipulación y mezcla mecánica.
- Limpiar el molino de bolas antes de moler o mezclar cada caso planteado.
- Verificar la disponibilidad y dimensiones de los moldes que se deseen usar para obtener la forma deseada y realizar un análisis dimensional del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. F. Zabala Cepeda, PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL BABBIT 83 EN EL TALLER DE FUNDICION DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA, Riobamba, Chimborazo, 2012, p. 2.
- [2] J. Fuentes, J. Rodriguez y E. Herrera, SINTERIZACIÓN DEL ALUMINIO ALEADO MECÁNICAMENTE ASISTIDA POR ADICIÓN DE 1%Cu, Sevilla, 202.
- [3] S. Kalpakjian y S. Schmid, Manufactura, ingeniería y tecnología, México: Pearson Educación, 2002.
- [4] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas, México: Pearson Educación, 2003.
- [5] A. HAMBOOK, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, USA: ASM editorial.
- [6] Metalúrgica VULCANO, «metalurgicavulcano,» [En línea]. Available: <http://www.metalurgicavulcano.com/uploads/babbitt-1487720925.pdf>. [Último acceso: 11 01 2018].
- [7] F. Morral, E. Jimeno y P. Molera, Metalurgia general, vol. II, España: Reverté, 2004.
- [8] American Society for Testing and Materials, ASTM E8: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, West Conshohocken, PA: ASTM International, 2016.
- [9] H. Appold, K. Feiler, A. Reinhard y P. Schmidt, Tecnología de los Metales, España: Reverté S.A, 2005.

- [10] American Society for Testing and Materials, ASTM E10: Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials., West Conshohocken, PA: ASTM International, 2017.
- [11] F. Martínez Pérez, La Tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento, México D.F.: Limusa, S.A., 2002.
- [12] American Society for Testing and Materials, ASTM G105: Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests, West Conshohocken, PA: ASTM International, 2016.
- [13] S. M. Ross, Introduccion a la estadística, España: Editorial Reverté, 2007.
- [14] J. A. B. Acuario, ANÁLISIS DE MATERIAL SINTERIZADO ALUMINIO 1060 CON BABBIT B 23 ALLOY 2 Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, DUREZA Y DESGASTE COMBINADOS POR MEZCLA DE POLVOS, Ambato, 2017, pp. 92,93.
- [15] A. N. Standard, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material E8-00b, United States: ASTM, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1: Norma para ensayo de Dureza Brinell ASTM E 10 [10]

ANEXO 2: Norma para ensayo de Desgaste ASTM E 105-02 [12]

ANEXO 3: Norma para ensayo de Tracción ASTM E 8 [8]

ANEXO 4: Ficha Técnica Babbit ASTM B 23 alloy 2 (Magnolia)

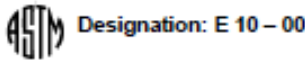
ANEXO 5: Informe de ensayo de espectrometría Aluminio y Babbit realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

ANEXO 6: Informe de ensayo de Tracción realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

ANEXO 7: Tabla comparativa de materiales por el método P/M (Aluminio 1060 vs Babbit ASTM b23 alloy 2 vs (80% Al 1060 con 20% Babbit ASTM b23 alloy 2) [14]

ANEXO 1:

Norma para ensayo de Dureza Brinell ASTM E 10 [15]



American Association State Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: T70-86

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 approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

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 10-24T. 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

NOTE 1—Constant = $\frac{1}{E_s} = \frac{1}{9,806.65} = 0.102$

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
	$\frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}$
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:

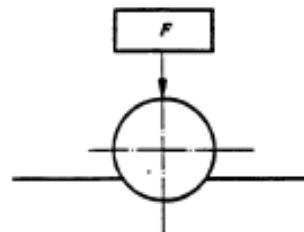


FIG. 1 Principle of Test

TABLE 3 Test Conditions

Hardness Symbol	Ball Diameter D, mm	0.102 F / DP	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) 5/82.5	5	2.5	812.9 N (82.5 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) 2.5/82.5	2.5	10	812.9 N (82.5 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) 2.5/3.90625	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			
	3000-kgf Load	1500-kgf Load	500-kgf Load	
1/8	1.8	802	301	100
1/4	3.2	301	150	50
3/8	4.8	201	100	33
1/2	6.4	150	75	25
5/8	8.0	120	60	20
3/4	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 250 to 350 HBS	100 to 200 HBW 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)	98 to 600
10	14.7 kN (1500 kgf)	48 to 300
10	4.90 kN (500 kgf)	18 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	0.148
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 ±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 ±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

will be used for the routine testing. Make at least two indentations on a standardized hardness test block. If the mean of these two values falls within the tolerances required (see 15.2.6), the hardness machine may be regarded as producing satisfactory hardness results. If not, the hardness machine shall be verified as described in 15.2.

C. CALIBRATION OF STANDARDIZED HARDNESS TEST BLOCKS FOR BRINELL HARDNESS TESTING MACHINES

17. Scope

17.1 Part C covers the calibration of standardized hardness test blocks for the verification of Brinell hardness testing machines as described in Part B.

18. Manufacture

18.1 Each metal block to be calibrated shall be not less than 16 mm ($\frac{5}{8}$ in.) in thickness for 10-mm balls, 12 mm ($\frac{1}{2}$ in.) thick for 5-mm balls, and 6 mm ($\frac{1}{4}$ in.) thick for smaller balls.

18.1.1 The maximum surface area of the test block shall be 40 cm² (6 in.²) for balls less than 5 mm in diameter, and 150 cm² (24 in.²) for balls equal to or greater than 5 mm in diameter.

18.2 Each block shall be specially prepared and heat treated to give the necessary homogeneity and stability of structure.

18.3 The maximum error in parallelism shall not exceed 0.0008 mm/mm (in./in.) for blocks when used with balls having a diameter greater than or equal to 5 mm and 0.0002 mm/mm (in./in.) for blocks when used with balls having a diameter less than 5 mm. The maximum deviation in flatness of the block surfaces shall not exceed 0.02 mm (0.0008 in.) and 0.005 mm (0.0002 in.) for balls having diameters equal to or greater than 5 mm and less than 5 mm, respectively.

18.4 The supporting surface of the test block shall have a ground finish and shall have a mean surface roughness height rating that shall not exceed 0.0008-mm (32- μ m.) centerline average.

18.5 The test surface shall be free of scratches which would interfere with measurements of the diameters of the indentation.

18.5.1 The mean surface roughness height of the test surface rating shall not exceed 0.0003-mm (12- μ m.) center line average for the standard 10-mm ball. For smaller balls a maximum mean test surface roughness height rating of 0.00015 mm (6 μ m.) is recommended.

18.6 To permit checking that no material is subsequently removed from the standardized block, its thickness at the time of standardization shall be marked on it to the nearest 0.1 mm (0.004 in.), or an identifying mark shall be made on the test surface. (See Section 24.)

18.7 Each block, if of steel, shall be demagnetized by the manufacturer and maintained demagnetized by the user.

18.8 Each block must be uniquely serialized by the manufacturer for traceability.

19. Standardizing Procedure

19.1 The standardized blocks shall be calibrated on a Brinell hardness testing machine which was verified in accordance with the requirements of 15.1.

19.2 The mechanism that controls the application of the force shall ensure that the speed of approach immediately before the ball touches the specimen and the speed of penetration does not exceed 1 mm/s (0.040 in./s).

19.3 The test force shall be within 0.25 % of the nominal force. Use of a Practice E 74 Class AA device will be required to verify the force.

19.4 The test force shall be applied for 10 to 15 s.

19.5 The standardized blocks shall be calibrated at a temperature of $23 \pm 5^\circ\text{C}$, using the general procedure described in Part A.

20. Indenter

20.1 A ball conforming to the requirements of 15.1.2 shall be used for calibrating standardized hardness test blocks.

21. Number of Indentations

21.1 At least five uniformly distributed indentations shall be made on the test surface of the block.

22. Measurement of the Diameters of the Indentation

22.1 The illuminating system of the measuring device shall be adjusted to give uniform intensity over the field of view and maximum contrast between the indentations and the undisturbed surface of the block.

22.2 The measuring device shall be graduated to read 0.002 mm (0.00008 in.) for indentations made with balls of 5-mm diameter or larger and 0.001 mm (0.00004 in.) for indentations made with balls of smaller diameter.

22.3 The measuring device shall be checked by a stage micrometer, or by other suitable means to ensure that the difference between readings corresponding to any two divisions of the instrument is within ± 0.001 mm (0.00004 in.) for balls of less than 5-mm diameter and within ± 0.002 mm (0.00008 in.) for balls of larger diameter.

23. Uniformity of Hardness

23.1 If d_1, d_2, \dots, d_n are the mean values of the measured diameters as determined by one observer and arranged in increasing order of magnitude, the range of the hardness readings, measured from the last block, is defined as $d_n - d_1$, where $n =$ at least 5 indentations.

23.2 The range of hardness readings shall be equal to or less than 2 % of the mean diameter for Brinell hardness numbers equal to or less than 225 and 1 % for Brinell hardness number values greater than 225.

24. Marking

24.1 Each standardized block shall be marked with the following:

24.1.1 The arithmetic mean of the hardness values found in the standardizing test and the type of ball used.

24.1.2 The name or mark of the supplier.

24.1.3 The serial number or other unique identification of the block.

24.1.4 Name or mark of the calibrating agency if different from supplier.

24.1.5 The thickness of the block or an official mark on the test surface (see 18.6).

ANEXO 2:

Norma para ensayo de Desgaste ASTM E G 105-02 [12]



Designation: G 105 – 02

Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests¹

This standard is issued under the fixed designation G 105; 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 approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope

1.1 This test method covers laboratory procedures for determining the resistance of metallic materials to scratching abrasion by means of the wet sand/rubber wheel test. It is the intent of this procedure to provide data that will reproducibly rank materials in their resistance to scratching abrasion under a specified set of conditions.

1.2 Abrasion test results are reported as volume loss in cubic millimeters. Materials of higher abrasion resistance will have a lower volume loss.

1.3 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.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 2000 Classification System for Rubber Products in Automotive Applications²

D 2240 Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness³

E 11 Specification for Wire-Cloth and Sieves for Testing Purposes⁴

E 122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process⁴

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods⁴

G 40 Terminology Relating to Wear and Erosion⁵

2.2 Other Standard:

SAE J200⁶

3. Terminology

3.1 **abrasive wear**—wear due to hard particles or hard protuberances forced against and moving along a solid surface (Terminology G 40).

3.1.1 *Discussion*—This definition covers several different wear modes or mechanisms that fall under the abrasive wear category. These modes may degrade a surface by scratching, cutting, deformation, or gouging (1 and 2).^{7,8}

4. Summary of Test Method

4.1 The wet sand/rubber wheel abrasion test (Fig. 1) involves the abrading of a standard test specimen with a slurry containing grit of controlled size and composition. The abrasive is introduced between the test specimen and a rotating wheel with a neoprene rubber tire or rim of a specified hardness. The test specimen is pressed against the rotating wheel at a specified force by means of a lever arm while the grit abrades the test surface. The rotation of the wheel is such that stirring paddles on both sides agitate the abrasive slurry through which it passes to provide grit particles to be carried across the contact face in the direction of wheel rotation.

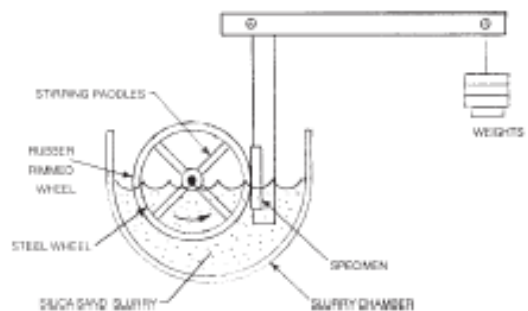


FIG. 1 Schematic Diagram of the Wear Test Apparatus

4.2 Three wheels are required with nominal Shore A Durometer hardnesses of 50, 60, and 70, with a hardness

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee G02 on Wear and Erosion and is the direct responsibility of Subcommittee G02.30 on Abrasive Wear.

Current edition approved Nov. 10, 2002. Published January 2003. Originally approved in 1989. Last previous edition approved in 1997 as G 105-89 (1997)¹.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol. 09.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 09.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 14.02.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.02.

⁶ Available from Society of Automotive Engineers (SAE), 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096-0001.

⁷ Available from Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096.

⁸ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.

tolerance of ± 2.0 . A run-in is conducted with the 50 Durometer wheel, followed by the test with 50, 60, and 70 Durometer wheels in order of increasing hardness. Specimens are weighed before and after each run and the loss in mass recorded. The logarithms of mass loss are plotted as a function of measured rubber wheel hardness and a test value is determined from a least square line as the mass loss at 60.0 Durometer. It is necessary to convert the mass loss to volume loss, due to wide differences in density of materials, in order to obtain a ranking of materials. Abrasion is then reported as volume loss in cubic millimetres.

5. Significance and Use (1-7)

5.1 The severity of abrasive wear in any system will depend upon the abrasive particle size, shape and hardness, the magnitude of the stress imposed by the particle, and the frequency of contact of the abrasive particle. In this test method these conditions are standardized to develop a uniform condition of wear which has been referred to as scratching abrasion (1 and 2). Since the test method does not attempt to duplicate all of the process conditions (abrasive size, shape, pressure, impact or corrosive elements), it should not be used to predict the exact resistance of a given material in a specific environment. The value of the test method lies in predicting the ranking of materials in a similar relative order of merit as would occur in an abrasive environment. Volume loss data obtained from test materials whose lives are unknown in a specific abrasive environment may, however, be compared with test data obtained from a material whose life is known in the same environment. The comparison will provide a general indication of the worth of the unknown materials if abrasion is the predominant factor causing deterioration of the materials.

6. Apparatus⁹

6.1 Fig. 2 shows a typical design and Figs. 3 and 4 are photographs of a test apparatus. (See Ref (4).) Several elements are of critical importance to ensure uniformity in test results among laboratories. These are the type of rubber used on the wheel, the type of abrasive and its shape, uniformity of the test apparatus, a suitable lever arm system to apply the required force,¹⁰ and test material uniformity.

6.1.1 *Discussion*—The location of the pivot point between the lever arm and the specimen holder must be directly in line with the test specimen surface. Unless the tangent to the wheel at the center point of the area or line of contact between the wheel and specimen also passes through the pivot axis of the

⁹ Present users of this practice may have constructed their own equipment. Rubber wheel abrasion testing equipment is commercially available. Rubber wheels or remolded rims on wheel hubs can be obtained through the manufacturer(s).

¹⁰ An apparatus design that is commercially available is depicted both schematically and in photographs in Figs. 1-4. Although it has been used by several laboratories (including those running interlaboratory tests) to obtain wear data, it incorporates what may be considered a design flaw. The location of the pivot point between the lever arm and the specimen holder is not directly in line with the test specimen surface. Unless the tangent to the wheel at the center point of the area or line of contact between the wheel and specimen also passes through the pivot axis of the loading arm, a variable, undefined, and uncompensated torque about the pivot will be caused by the frictional drag of the wheel against the specimen. Therefore, the true loading of specimen against the wheel cannot be known.

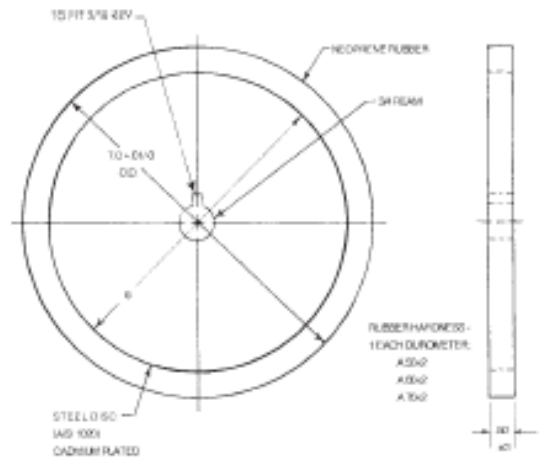


FIG. 2 Rubber Wheel



FIG. 3 Test Apparatus with Slurry Chamber Cover Removed

loading arm, a variable, undefined, and uncompensated torque about the pivot will be caused by the frictional drag of the wheel against the specimen. Therefore, the true loading of specimen against the wheel cannot be known.

6.2 *Rubber Wheel*—Each wheel shall consist of a steel disk with an outer layer of neoprene rubber molded to its periphery. The rubber is bonded to the rim and cured in a suitable steel mold. Wheels are nominally 178 mm (7 in.) diameter by 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) wide (see Fig. 2). The rubber will conform to Classification D 2000 (SAE J200).

6.2.1 The 50 Durometer wheel will be in accordance with 2BC515K11Z1Z2Z3Z4

where:

Z1—Elastomer—Neoprene GW,

Z2—Type A Durometer hardness 50 ± 2 ,

Z3—Not less than 50 % rubber hydrocarbon content, and

Z4—Medium thermal black reinforcement.

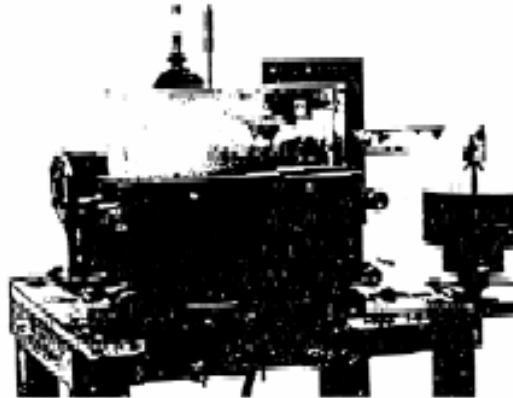


FIG. 4 Test Apparatus In Operation

6.2.2 The 60 Durometer wheel will be in accordance with 2BC615K11Z1Z2Z3Z4

where:

Z1, Z3, and Z4 are the same as for 6.2.1, and

Z2—Type A Durometer hardness 60 ± 2 .

6.2.3 The 70 Durometer wheel will be in accordance with 2BC715K11Z1Z2Z3Z4

where:

Z1, Z3, and Z4 are the same as for 6.2.1, and

Z2—Type A Durometer hardness 70 ± 2 .

6.2.4 The compounds suggested for the 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels are as follows:

Ingredient	Content (pph)		
	50	60	70
Neoprene GW	100	100	100
Magnesia ^a	2	2	2
Zinc Oxide ^b	10	10	10
Ocberline	2	2	2
Stearic Acid	0.5	0.5	0.5
SRF Carbon Black ^c	20	37	63
ASTM #3 Oil	14	10	10

^a Maglite D (Merck)

^b Kadox 15 (New Jersey Zinc)

^c ASTM Grade N762

6.2.5 Wheels are molded under pressure. Cure times of 40 to 60 min at 153°C (307°F) are used to minimize "heat-to-heat" variations.

6.3 *Motor Drive*—The wheel is driven by a 0.75-kw (1-hp) electric motor and suitable gear box to ensure that full torque is delivered during the test. The rate of revolution (245 ± 5 rpm) must remain constant under load. Other drives producing 245 rpm under load are suitable.

6.4 *Wheel Revolution Counter*—The machine shall be equipped with a revolution counter that will monitor the number of wheel revolutions as specified in the procedure. It is recommended that the incremental counter have the ability to shut off the machine after a preselected number of wheel revolutions or increments up to 5000 revolutions is attained.

6.5 *Specimen Holder and Lever Arm*—The specimen holder is attached to the lever arm to which weights are added so that

a force is applied along the horizontal diametral line of the wheel. An appropriate weight must be used to apply a force of 222 N (50 lbf) between the test specimen positioned in the specimen holder and the wheel. The weight has a mass of approximately 9.5 kg (21 lb) and must be adjusted so that the force exerted by the rubber wheel on the specimen with the rubber wheel at rest has a value of 222.4 ± 3.6 N (50.0 ± 0.8 lbf). This force may be determined by calculation of the moments acting around the pivot point for the lever arm or by direct measurement, for example, by noting the load required to pull the specimen holder away from the wheel, or with a proving ring.

6.6 *Analytical Balance*—The balance used to measure the loss in mass of the test specimen shall have a sensitivity of 0.0001 g. A 150 g capacity balance is recommended to accommodate thicker or high density specimens.

7. Reagents and Materials

7.1 *Abrasive Slurry*—The abrasive slurry used in the test shall consist of a mixture of 0.940 kg of deionized water and 1.500 kg of a rounded grain quartz sand as typified by AFS 50/70 Test Sand ($-50/+70$ mesh, or $-230/+270$ μ m) furnished by the qualified source.¹¹

7.2 AFS 50/70 test sand is controlled by the qualified source to the following size range using U.S. Sieves (Specification E 11).

U.S. Sieve Size	Sieve Opening	%Retained on Sieve
40	425 μ m (0.0165 in.)	None
50	300 μ m (0.0117 in.)	5 max
70	212 μ m (0.0083 in.)	95 min
100	150 μ m (0.0059 in.)	None Passing

7.2.1 Multiple use of the sand may affect the test comparisons.

8. Sampling, Test Specimen, and Test Units

8.1 *Test Unit*—Use any metallic material form for abrasion testing by this method. This includes wrought metals, castings,

¹¹ Available from Ottawa Silica Co., P.O. Box 577, Ottawa, IL 61350.

forgings, weld overlays, thermal spray deposits, powder metals, electroplates, cermets, etc.

8.2 *Test Specimen*—The test specimens are rectangular in shape, 25.4 ± 0.8 mm (1.00 ± 0.03 in.) wide by 57.2 ± 0.8 mm (2.25 ± 0.03 in.) long by 6.4 to 15.9 mm (0.25 to 0.625 in.) thick. The test surface should be flat within 0.125 mm (0.005 in.) maximum.

8.2.1 For specimens less than 9.5 mm thick (0.375 in.), use a shim in the specimen holder to bring the specimen to a height of 9.5 mm.

8.3 *Wrought and Cast Metal*—Specimens may be machined to size directly from raw material.

8.4 Weld deposits are applied to one flat surface of the test piece. Double-weld passes are recommended to prevent weld dilution by the base metal. Note that welder technique, heat input of welds, and the flame adjustment of gas welds will have an effect on the abrasion resistance of the weld deposit. Weld deposits should be made on a thick enough substrate, 12.7 mm (0.5 in.) minimum suggested, to prevent distortion. If distortion occurs, the specimen may be mechanically straightened or ground or both.

8.4.1 In order to develop a suitable wear scar, the surface to be abraded must be ground flat to produce a smooth, level surface. A test surface without square (90°) edges, having a level surface at least 50.8 mm (2.00 in.) long and 19.1 mm (0.75 in.) wide, is acceptable if it can be positioned to show the full length and width of the wear scar developed by the test.

8.5 *Coatings*—This test may be unsuitable for some coatings, depending on their thickness, wear resistance, bond to the substrate, and other factors. The criterion for acceptability is the ability of the coating to resist penetration to its substrate during conduct of the test. Modified procedures for coatings may be developed based on this procedure.

8.6 *Finish*—Test specimens should be smooth, flat and free of scale. Surface defects such as porosity and roughness may bias the test results, and such specimens should be avoided unless the surface itself is under investigation. Excepting coatings, the last 0.3 mm (0.01 in.) of stock on the test surface (or surfaces in cases where both major surfaces are to be tested) should be carefully wet ground to a surface finish of about 0.5 to 0.75 μm (20 to 30 $\mu\text{in.}$) arithmetic average as measured across the direction of grinding. The direction of the grinding should be parallel to the longest axis of the specimen. The finished surface should be free of artifacts of specimen heat treatment or preparation such as unintentional carburization or decarburization, heat checks, porosity, slag inclusions, gas voids, etc.

8.6.1 Thin coatings may be tested in the as-coated condition since surface grinding, especially of those less than about 0.3 mm (0.01 in.) thick, can penetrate the coating or cause it to be so thin that it will not survive that test without penetration. The finish of the substrate test surface prior to coating should be such to minimize irregularities in the coated surface. Grinding of this surface as directed in 8.6 is suggested for coatings less than 0.15 mm (0.005 in.) thick.

8.6.2 The type of surface or surface preparation shall be stated in the data sheet.

9. Procedure

9.1 Thoroughly rinse the slurry chamber before the test to eliminate any remnants of slurry from a previous test.

9.2 Install the rubber wheel of nominal 50 Durometer and measure and record its hardness.

9.2.1 Take at least four (preferably eight) hardness readings at equally spaced locations around the periphery of the rubber wheel using a Shore A Durometer tester in accordance with Test Method D 2240. Take gage readings after a dwell time of 5 s. Report average hardness in the form: A/48.6/5, where A is the type of Durometer, 48.6 the average of the readings, and 5 the time in seconds that the pressure foot of the tester is in firm contact with the rubber rim surface. The 5 -s dwell time for the pressure foot in contact with the rubber rim should be rigorously adhered to.

9.3 Prior to testing, demagnetize each steel specimen. Then clean each specimen of all dirt and foreign matter, and degrease in acetone immediately prior to weighing. Materials with surface porosity (some powder metals or ceramics) must be dried to remove all traces of the cleaning agents that may have been entrapped in the material.

9.4 Weigh the specimen to the nearest 0.0001 g.

9.5 Set the revolution counter to shut off automatically after 1000 wheel revolutions.

9.6 Install the specimen in the specimen holder, using an appropriate shim if the specimen surface is less than 9.5 mm above the holder seat surface; then install the holder in position for testing. Fill the slurry chamber with 1.500 kg of the quartz sand and 0.940 kg of deionized water at room temperature, and place a cover over the top of the slurry chamber to prevent the slurry from splashing out.

9.7 Start wheel rotation. The rubber wheels are rotated at 245 rpm, or 2.28 m/s (449 ft/min) peripheral surface speed.

9.8 Lower the specimen holder carefully against the wheel to prevent bouncing and to apply a force of 222 N (50 lb) against the test specimen. A wear scar is run-in for 1000 wheel revolutions. Each 1000 revolutions produces 558.6 m (1832.6 ft) of lineal abrasion assuming a 177.8 m diameter wheel. The run-in removes the surface layer and exposes fresh material that is not affected by the surface preparation.

9.9 Following the run-in, remove the specimen from the slurry chamber. Clean, dry, and reweigh the specimen to the nearest 0.0001 g. Drain the slurry from the chamber and discard it.

9.10 The actual abrasion test is conducted on the same wear scar starting with either the same 50 Durometer rubber wheel used for the run-in, or with another 50 Durometer rubber wheel. It is essential to install the specimen in the specimen holder with the same orientation and position each time.

9.11 Follow the same procedure as used for the run-in, repeating steps 9.1-9.9 with the normally 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels, in order of increasing hardness.

9.12 *Preparation and Care of Rubber Wheels*—Dress the periphery of all new rubber wheels and make concentric to the bore of the steel disk upon which the rubber is mounted. The concentricity of the rim shall be within 0.05 mm (0.002 in.) total indicator reading on the diameter. The intent is to produce a uniform surface that will run tangent to the test specimen

without causing vibration or hopping of the lever arm. The wear scars shall be rectangular in shape and of uniform depth at any section across the width (Fig. 5).

9.12.1 It is recommended that rubber wheels be dressed again after accumulating approximately 6000 revolutions during testing. Experience has shown that more than 6000 revolutions may have an adverse effect on the reproducibility of results.

9.12.2 Dress rubber wheels whenever they develop grooves or striations, or when they wear unevenly so as to develop trapezoidal or uneven wear scars on the test specimen.

9.12.3 The rubber wheel may be used until the diameter is reduced to 165 mm (6.50 in.). The shelf life of the rubber rim may not exceed two years. Store wheels so that there is no force on the rubber surface. New rubber rims may be mounted on steel disks by the qualified source.¹¹

9.13 *Wheel Dressing Procedure*—A recommended dressing procedure for the periphery of the rubber rim is to mount the wheel on an expandable arbor in a lathe and grind it square with a freshly dressed grinding wheel such as a Norton 38A60J5VBE, having dimensions of approximately 130 × 13 × 13 mm (5 × ½ × ½ in.), rotating at a speed of 3500 rpm, while the rubber wheel rotates at 86 rpm. The rubber wheel should be cross-fed at 0.43 mm (0.017 in.) per revolution. After dressing, measure each rubber wheel carefully to determine the diameter and width of the rubber rim.

10. Calculation of Results

10.1 Test results obtained are three mass loss values in grams corresponding to the three average Durometer hardness values obtained for the nominally 50, 60, and 70 Durometer rubber wheels. Normalize mass loss values to correspond to the travel of a wheel having a diameter of 177.8 mm (7.000 in.) and a width of 12.7 mm (0.500 in.) using the following formula:

$$\text{Normalized Mass Loss in Grams} = \frac{177.8 \times 12.7 \times \text{Actual Mass Loss (g)}}{\text{Actual Diameter (mm.)} \times \text{Actual Width (mm.)}}$$

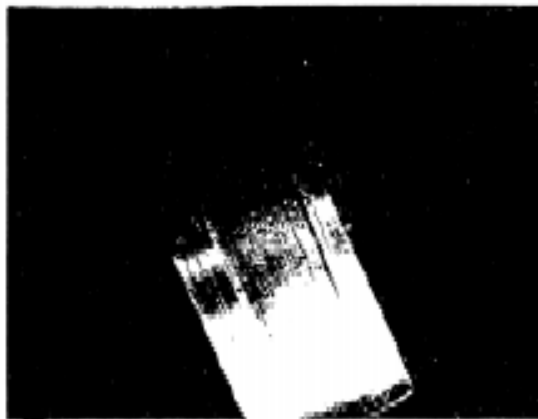


FIG. 6 Typical Uniform Wear Scar

or

$$= \frac{7.000 \times 0.500 \times \text{Actual Mass Loss (g)}}{\text{Actual Diameter (in.)} \times \text{Actual Width (in.)}}$$

10.2 Plot normalized mass loss values (that is, three values for each sample material) on a logarithmic scale against the corresponding rubber wheel hardness plotted on a linear scale. The final test result is obtained by fitting a least square line to the three data points and solving the equation of the line for the mass loss corresponding to a rubber hardness of exactly 60 Durometer. An example of the procedure is presented in Appendix XI.

10.3 *Volume Loss*—While 60 Durometer normalized mass loss results should be reported and may be used internally in test laboratories to compare materials of equivalent or near equivalent densities, it is essential that all users of the test procedure report their results uniformly as volume loss in reports or publications so that there is no confusion caused by variations in density. Convert mass loss to volume loss as follows:

$$\text{Volume Loss, mm}^3 = \frac{\text{Mass Loss (g)} \times 1000}{\text{Density (g/cm}^3\text{)}}$$

11. Precision and Bias

11.1 The precision and bias of the measurements obtained with this test procedure will depend upon strict adherence to the stated test parameters.

11.1.1 The coefficient of correlation (*r*) for the three mass loss values determined in a test shall be calculated in accordance with Annex A1. The quantity *r* varies between -1 and +1. Either value means that the correlation is perfect; *r* = 0 means that there is no correlation. Data giving *r* values between 0.95 and -0.95 should be scrutinized for causes of scatter.

11.2 The degree of agreement in repeated tests on the same material will depend upon material homogeneity, machine and material interaction, and close observation of the test by a competent machine operator.

11.3 Normal variations in the abrasive material, rubber wheel characteristics, and procedure will tend to reduce the accuracy of the practice as compared to the accuracy of such material property tests as hardness or density. Properly conducted tests will, however, maintain a 7% or less coefficient of variation of volume loss values that will characterize the abrasion resistance of materials (see Annex A1).

11.4 *Initial Machine Operation and Qualification*—The number of tests required to establish the precision of the machine for initial machine operation shall be at least five. The test samples shall be taken from the same homogeneous material.

11.4.1 The standard deviation from the mean average shall be calculated from the accumulated test results and reduced to the coefficient of variation in accordance with Annex A1. The coefficient of variation shall not exceed 7% in materials of the 2 to 60 mm³ volume loss range. If this value is exceeded, the machine operation shall be considered out of control and steps taken to eliminate erratic results.

11.4.2 In any test series all data must be considered in the calculation, including outliers (data exceeding the obvious

range). For example, an exceedingly high or low volume loss must not be disregarded except in the case of observed faulty machine operation, or obvious test specimen anomaly.

11.5 While two or more laboratories may develop test data that is within the acceptable coefficient of variation for their own individual test apparatus, their actual averages may be relatively far apart. The selection of sample size and the method for establishing the significance of the difference in averages shall be agreed upon between laboratories and shall

be based on established statistical methods Practice E 122, Practice E 177, and *ASTM STP 15D*.¹²

11.6 Reference materials should be used for periodic monitoring of the test apparatus and procedures in individual laboratories. (A satisfactory reference material for this test has not yet been established through laboratory testing.)

12. Keywords

12.1 abrasive wear test; metallic materials; rubber wheel; scratching abrasion; wet sand

¹² *Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis, ASTM STP 150, ASTM, 1936.*

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. SOME STATISTICAL CONSIDERATIONS IN ABRASION TESTING

A1.1 *Background*—The wet sand/rubber wheel abrasion test as developed and described by Haworth, Borik, and others (see Refs (1-4), p. 18) has been in various stages of evolution and use over the last two or more decades. A number of variations of this test procedure have been used by several research and industrial laboratories in the United States who were faced with the problem of evaluating hardfacing alloys, castings, and wrought products for their resistance to abrasive wear. Individual laboratories set their own test parameters with the goal being the generation of reproducible test data within the laboratory. As the need for standardization became apparent, in 1962 The Society of Automotive Engineers established a division (No. 18) of the Iron and Steel Technical Committee (ISTC) to achieve this end. This was not accomplished and in 1983, subcommittee G02.30 formed a task group with the objective of producing an ASTM Standard Practice. In previous round-robins conducted by the SAE group, it has been evident that the variability of experimental error inherent in each laboratory is a factor that must be considered. Not only must the test method, apparatus, and individual operator generate correct results (bias) but the test results must be consistently reproducible (precision) within an acceptable narrow range. Another important consideration in developing accurate and precise test results is the selection of adequate sample size. More specifically this was the need for laboratories to agree on the number of times a test should be repeated on a given homogeneous material in order to obtain a meaningful average result. While the single test results and simple arithmetic averaging may in some few cases be useful in individual laboratories, it is essential that statistical techniques and multiple testing of specimens be utilized for the qualification of each test apparatus, and for the comparison of materials. Further information on statistical methods may be found in Practice E 122, *STP 150*, and in the references.

A1.2 *Statistical Formulas*—Several formulas for the calculation of optimum sample size, standard deviation, and

coefficient of variation are used in the statistical analysis of data. To ensure uniformity among laboratories using the wet sand/rubber wheel test, the standard deviation and coefficient of variation of results produced from a series of tests shall be calculated by the following formulas:

- s = standard deviation (small sample size, 2 to 10) = $\sqrt{R^2/d}$ (1)
- s = standard deviation (any sample size) (2)
- $= \sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 / (n - 1)}$
- V = % coefficient of variation = $(s/\bar{x}) \times 100$ (3)
- n = sample size (95 % confidence level) (4)
- $= (1.96 / V)^2$

where:

- s = standard deviation from the mean,
- V = variability of the test procedure, %,
- x = value of each test result (volume loss in mm³),
- \bar{x} = mean of arithmetic average for n tests,
- $\sum x$ = sum total of all test values,
- n = number of tests or observations,
- e = allowable sampling error, %,
- R = difference between the highest and lowest test value, and
- d₂ = deviation factor, which varies with sample size (Table A1.1)

A1.3 *Use of Statistical Methods*—In evaluating the precision and accuracy of any test procedure, new users must deal with the concepts of mean averages, standard deviation from the mean, variability of test results, range of results, allowable sampling error, and particularly the effect of sample size. While it is obvious that a large number of tests on the same material is desirable and will yield a high confidence level in evaluating test results, many abrasion test evaluations are made on a small number of samples. This is due to the fact that in much abrasion work, large numbers of test specimens are just not available. In addition to this a new user is concerned with evaluating the accuracy of his first few (2 or 3) test results during the initial test campaign which certainly should not

ANEXO 3:

Norma para ensayo de Tracción ASTM E 8 [8]



Designation: E 8 – 00b

American Association State
Highway and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: T88
An American National Standard

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 8; 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—A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed—; therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 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—Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. 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 557.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 50 to 100°F 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/A 356M 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 557 Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]⁵

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

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 8 – 24 T. Last previous edition E 8 – 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.

there is no point at or near the onset of yielding at which the 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 1/2-in. diameter specimen, the stress increase is 1.5 percentage points for each 0.001 in. of eccentricity. This error increases to 2.24 percentage points/0.001 in. for a 0.350-in. diameter specimen and to 3.17 percentage points/0.001 in. for a 0.250-in. 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 proven 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 smubbing 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 the 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 (dimension 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 1/8 in. or less in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.2.2 Midway from the center to the surface for products over 1/8 in. 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.

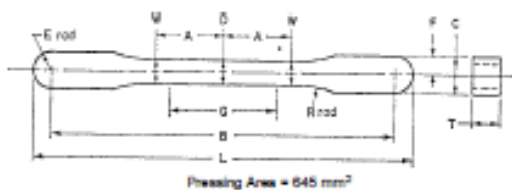
6.1.3.1 The reduced sections of prepared specimens should be free of cold work, notches, chatter marks, grooves, gouges, burrs, rough surfaces or edges, overheating, or any other



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



Pressing Area = 645 mm²

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

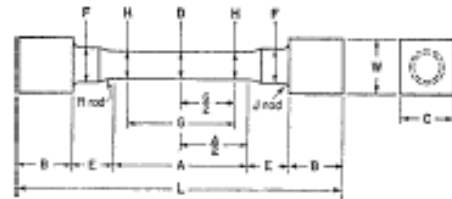
Dimensions, mm	
G—Gage length	25.40 ± 0.8
D—Width at center	5.72 ± 0.03
W—Width at end of reduced section	5.97 ± 0.03
R—Radius of fillet	25.4
A—Half-length of reduced section	15.88
B—Grip length	80.95 ± 0.03
L—Overall length	89.64 ± 0.03
C—Width of grip section	8.71 ± 0.03
F—Half-width of grip section	4.34 ± 0.03
E—End radius	4.34 ± 0.03

FIG. 19 Standard Flat Unmachined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (PIM) 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 4.754.85 mm diameter with radi 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 (PIM) 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

ANEXO 4:

Ficha Técnica Babbit ASTM B 23 alloy 2 (Magnolia)

METAL ANTIFRICCIÓN (MAGNOLIA)



Viene en dos tipos:

INFRANGA

Aleación resistente a la fatiga. Resiste bien la tensión a temperaturas elevadas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA:		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	
Estaño:	84.49 %	Densidad:	7.35 gr/cm ³
Cobre:	2.4 %	Resistencia a la tracción:	5.53 T/pul ²
Plomo:	0.24 %	Elongación (% en 2"):	10.3 %
Zinc:	0.0035 %	Reducción de área (%):	17.8 %
Antimonio:	6.43 %	Dureza Brinell (a 20°C):	# 32
		Temperatura:	
		Inicio derretimiento:	237°C
		Culminación derretimiento:	380°C
		Rango recomendado de colado:	400 - 430°C

USOS:

Usado frecuentemente en cojinas (chapas) de motores diesel marinos y motores de combustión interna.
Particularmente apropiado para cojinetes en los que el espesor del revestimiento es menor que 3/32" (aprox. 2.5 mm).

PRESENTACION:

Viene en lingotes de 2.6 kg. de peso.

TANDEM

Es una aleación más fuerte y de buena resistencia.
Su característica más importante es el tandem que el compuesto estaño-cobre ha sido desarrollado en conjunto con una distribución efectiva de pequeños cristales de antimonio.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:		COMPOSICIÓN QUÍMICA:	
Densidad:	7.36 gr/cm ³	Estaño:	87.04 %
Resist. tracción:	8 T/pul ²	Cobre:	3.02 %
Elongación porcentual en 2":	6.8 %	Plomo:	0.22 %
Dureza Brinell:	# 28	Zinc:	0.0020 %
		Antimonio:	9.64 %

PRESENTACION:

Viene en lingotes de 6.2 kg. de peso.

ANEXO 5:

Informe de ensayo de espectrometría Aluminio y Babbit realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA XRF

Probeta	% Contenido +/- Error	Elementos						Evidencia
		Sn	Sb	Cu	Pb	Fe	Zn	
050301174420170607-ERX 01	87,14 0,13	7,80 0,11	3,59 0,06	0,83 0,02	0,44 0,05	0,20 0,01	Anexo 3, 05/12/17 #11	

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

Probeta	% Contenido +/- Error	Elementos						Evidencia
		LE(Al)	Sn	Cu	Fe	Zn	Pb	
050301174420170607-ERX 03	88,26 0,38	14,05 0,32	0,83 0,02	0,79 0,03	0,081 0,005	1,23 0,004	Anexo 5, 11/20/17 #12	

Nota: Las siglas ND significan que el elemento descrito (No se determinó). L.E: Elementos ligeros medidos.



VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END)
Dirección: Ambato/Catigлата. Río 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/Catigлата. Río 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

Anexos.

Anexo 1. 05/12/17 #1

Resultados

ID: 05/12/17 #1
 Verif. calibr. - Acept.
 Índice (cps) 36610
 Resolución (eV) 146

Anexo 2. 11/20/17 #10

Resultados

ID: 11/20/17 #10
 Verif. calibr. - Acept.
 Índice (cps) 36500
 Resolución (eV) 147

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

6063-plus N.C. 1.1
 May max 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

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Elemento	Contenido (%)	Tolerancia (%)
Al	88.26	±0.15
Si	5.31	±0.11
Fe	3.01	±0.06
Cu	2.57	±0.09
Mn	0.30	±0.02
Mg	0.20	±0.01
Zn	0.168	±0.004
Pb	0.114	±0.008
S	0.068	±0.005



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	Ing. Angel 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, 21 de noviembre de 2017.
N°. Factura: 001-002-000002818



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.

ANEXO 6:

Informe de ensayos de Tracción realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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 20 de Babbitt.	5
3	050301174420171114-ETM 03	TXC: 70Al y 30 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

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

ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	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: 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	

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.

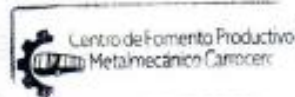
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales metálicos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

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 20 de Babbitt.	5
3	050301174420171114-ETM 03	TXC: 70Al y 30 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
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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

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

Nº. Factura: 001-002-000003732.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	
<p>Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales Dirección: Ambato/Caiglatá, Toronto y Río 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: Máquina de ensayos universal. Metro test 50 kN Velocidad de ensayo: 10 mm/min Precarga: 100 N</p>	
<p>Observaciones del ensayo: Ninguna.</p>	
<p>Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.</p>	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados

Prueba	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Fuerza de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
1	090301174420171114-ETM 01-1	19	73	6,75	4,28	1274,87	44,13	4,42	1,03	4,07
2	090301174420171114-ETM 01-2	19	73	6,44	4,37	1175,67	41,77	5,04	1,48	5,83
3	090301174420171114-ETM 01-3	19	73	6,33	4,26	1227,53	45,52	5,38	1,03	4,07
4	090301174420171114-ETM 01-4	19	73	6,66	4,23	1478,40	52,23	5,91	1,69	6,67
5	090301174420171114-ETM 01-5	19	73	6,67	4,08	1644,07	58,08	5,85	2,84	11,20
				Promedio \bar{x}		1360,07	48,25	5,56	1,62	6,37
				Desviación estándar S_{p-1}		195,93	6,69	0,65	0,74	3,93
				Coeficiente de variación CV		14,41	13,83	11,73	45,97	45,97
				Dimensiones mm						
				Ancho	Espesor					
6	090301174420171114-ETM 02-1	19	70	6,83	4,56	798,37	25,63	4,05	0,99	3,89
7	090301174420171114-ETM 02-2	19	70	6,74	4,28	1166,00	40,42	6,62	0,80	3,16
8	090301174420171114-ETM 02-3	19	70	6,42	3,36	894,62	35,19	4,90	0,81	3,20
9	090301174420171114-ETM 02-4	19	70	6,36	4,56	1565,18	53,97	4,90	1,93	7,59
10	090301174420171114-ETM 02-5	19	70	6,45	4,17	1634,61	60,77	6,75	2,89	11,39
				Promedio \bar{x}		1211,76	43,20	5,44	1,49	5,85
				Desviación estándar S_{p-1}		379,89	14,19	1,19	0,91	3,60
				Coeficiente de variación CV		31,35	32,85	21,78	61,60	61,60

Código: RG-ISM-008

Fecha de Elaboración: 08-03-2017

Fecha de última aprobación: 16-05-2017

Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE

TRACCIÓN MATERIALES

METÁLICOS

Página 3 de 7



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrozero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Prueba	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de rotura (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
11	050301174420171.114-ETM.03-1	20	69	6,48	3,71	621,65	25,86	7,02	0,84	3,30
12	050301174420171.114-ETM.03-2	20	69	6,62	4,67	1259,09	40,75	4,39	1,89	7,43
13	050301174420171.114-ETM.03-3	20	69	6,76	4,10	534,83	19,30	4,78	0,96	3,78
14	050301174420171.114-ETM.03-4	20	69	6,75	4,01	309,25	11,43	5,07	0,74	2,91
15	050301174420171.114-ETM.03-5	20	69	8,04	3,97	750,52	22,89	4,45	1,03	4,05
				Promedio \bar{x}		691,08	24,04	5,14	1,09	4,29
				Desviación estándar S_{n-1}		353,27	30,78	1,08	0,46	1,81
				Coeficiente de variación CV		51,12	44,83	21,10	42,05	42,05
				Dimensiones mm						
				Ancho	Espesor					
16	050301174420171.114-ETM.04-1	21	68	6,6	4,3	1606,21	56,60	4,78	1,30	5,10
17	050301174420171.114-ETM.04-2	21	68	6,84	4,37	1543,09	51,62	7,07	1,17	4,59
18	050301174420171.114-ETM.04-3	21	68	6,37	3,95	1852,34	73,62	9,16	1,12	4,42
19	050301174420171.114-ETM.04-4	21	68	6,43	4,1	1276,44	48,42	9,76	0,70	2,76
20	050301174420171.114-ETM.04-5	21	68	6,35	4,49	1017,68	35,69	5,64	0,86	3,39
				Promedio \bar{x}		1459,15	53,19	7,28	1,03	4,05
				Desviación estándar S_{n-1}		320,76	13,79	2,16	0,24	0,95
				Coeficiente de variación CV		21,98	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



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Proble In	Identificación de probeta	Temperat ura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza de ruptura (N)	Fuerza de fluencia (N)	Resistencia de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor						
21	05030117442071114-ETM 05-1	21	68	6,37	4,12	751,04	149,89	28,62	5,71	0,62	2,43
22	05030117442071114-ETM 05-2	21	68	6,32	4,56	1958,06	148,31	67,94	5,15	1,52	5,96
23	05030117442071114-ETM 05-3	21	68	6,38	4,2	1355,34	178,29	50,58	6,65	1,08	4,25
24	05030117442071114-ETM 05-4	21	68	6,21	4,34	1841,30	124,65	68,32	4,62	1,48	5,82
25	05030117442071114-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	05030117442071114-ETM 06-1	22	65	6,56	4,40	774,7	130,96	26,84	4,54	1,15	4,51
27	05030117442071114-ETM 06-2	22	65	6,38	4,64	1708,76	142,00	57,72	4,80	1,51	5,93
28	05030117442071114-ETM 06-3	22	65	6,58	4,28	1044,51	145,16	37,09	5,15	1,24	4,90
29	05030117442071114-ETM 06-4	22	65	6,47	4,21	621,65	165,67	22,82	6,08	0,64	2,50
30	05030117442071114-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

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

INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
METÁLICOS

Página 5 de 7

Prueba	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						
31	050301174420171114-ETM-07-1	22	64	6,41	4,08	968,77	145,16	37,04	5,55	0,86	3,40
32	050301174420171114-ETM-07-2	22	64	6,33	4,15	934,06	151,47	35,47	5,75	1,52	5,98
33	050301174420171114-ETM-07-3	22	64	6,28	4,16	945,11	142,00	36,18	5,44	1,00	3,95
34	050301174420171114-ETM-07-4	22	64	6,52	3,97	482,81	157,78	21,97	7,18	0,78	3,06
35	050301174420171114-ETM-07-5	22	64	6,25	4,29	1188,09	132,53	44,31	4,94	1,45	5,71
				Promedio 8		903,77	145,79	34,99	5,77	1,32	4,42
				Desviación estándar S_{n-1}		257,34	9,57	8,10	0,84	0,34	1,34
				Coeficiente de variación CV		28,47	6,57	23,14	14,58	30,40	30,40
				Dimensiones mm							
				Ancho	Espesor						
36	050301174420171114-ETM-08-1	22	63	6,42	4,13	339,23	126,22	12,79	4,76	1,12	4,43
37	050301174420171114-ETM-08-2	22	63	6,24	3,97	244,56	108,87	9,87	4,39	0,68	2,69
38	050301174420171114-ETM-08-3	22	63	6,25	4,20	356,58	127,80	13,58	4,87	1,04	4,08
39	050301174420171114-ETM-08-4	22	63	6,53	4,24	334,49	146,74	12,08	5,30	0,70	2,77
40	050301174420171114-ETM-08-5	22	63	6,26	4,16	455,99	138,85	17,51	5,33	0,80	3,13
				Promedio 5		346,17	129,70	13,17	4,93	0,87	3,42
				Desviación estándar S_{n-1}		75,30	14,35	2,79	0,39	0,20	0,79
				Coeficiente de variación CV		21,75	11,06	21,22	7,99	23,11	23,11



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Camocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Prueba	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)	% Deformación (Calculado)
				Ancho	Exposor						
41	050301174420071114-ETM 09-1	22	63	6,60	4,28	227,20	134,11	8,04	4,75	0,23	0,89
42	050301174420071114-ETM 09-2	22	63	6,15	4,06	438,63	118,33	17,57	4,74	0,46	1,80
43	050301174420071114-ETM 09-3	22	63	6,20	4,08	446,52	145,16	17,65	5,74	0,75	2,95
44	050301174420071114-ETM 09-4	22	63	6,65	4,05	448,10	153,05	18,29	6,25	0,70	2,74
45	050301174420071114-ETM 09-5	22	63	6,20	3,97	566,43	140,42	23,01	5,70	0,84	3,29
				Promedio: K		425,38	138,21	16,91	5,44	0,59	2,33
				Desviación estándar		122,79	13,09	5,45	0,67	0,25	0,98
				Coeficiente de variación:		28,87	9,47	32,22	12,27	41,90	41,90
				CV							

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

INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
METÁLICOS

Página 7 de 7



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Camocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 050301174420171114-ETM

DATOS DEL CLIENTE

Empresa / Cliente: Sr. Jaime Andrés Beltrán Acurio

DIRECCIÓN: Alberto Varela Quevedo, Rumipamba, Latacunga.

NÚM. DE CEDULA / RUC: 0503011744

E-MAIL: andresbeltran9209@gmail.com

TELÉFONO: 0999944390

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Materiales Metálicos: aluminio, babbitt y magnesio.

Método de ensayo: ASTM E8

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	050301174420171114-ETM 01-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
2	050301174420171114-ETM 01-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
3	050301174420171114-ETM 01-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
4	050301174420171114-ETM 01-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
5	050301174420171114-ETM 01-5	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
Página: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

6	050301174420171114-ETM 02-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balasca	Se almacena	
7	050301174420171114-ETM 02-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balasca	Se almacena	
8	050301174420171114-ETM 02-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
9	050301174420171114-ETM 02-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
10	050301174420171114-ETM 02-5	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
11	050301174420171114-ETM 03-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balasca	Se almacena	
12	050301174420171114-ETM 03-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balasca	Se almacena	
13	050301174420171114-ETM 03-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
14	050301174420171114-ETM 03-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
15	050301174420171114-ETM 03-5	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 2 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

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
Página: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

36	050301174420171114-ETM 08-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balsera	Se almacena	
37	050301174420171114-ETM 08-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balsera	Se almacena	
38	050301174420171114-ETM 08-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
39	050301174420171114-ETM 08-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
40	050301174420171114-ETM 08-5	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
41	050301174420171114-ETM 09-1	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balsera	Se almacena	
42	050301174420171114-ETM 09-2	14/11/2017	17/11/2017	Ing. A. Balsera	Se almacena	
43	050301174420171114-ETM 09-3	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
44	050301174420171114-ETM 09-4	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	
45	050301174420171114-ETM 09-5	14/11/2017	17/11/2017	Cliente	Se entrega al cliente	

Las probetas número uno y dos por acuerdo con el cliente se almacenan en el CFPMC. El centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última actualización: 17-01-2017
Revisión: 1

BOMBA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 5 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

	
<p>Elaborado por: Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>	<p>Aprobado por: Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>
 <p>Cliente</p>	





Código: RG-RM-001
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

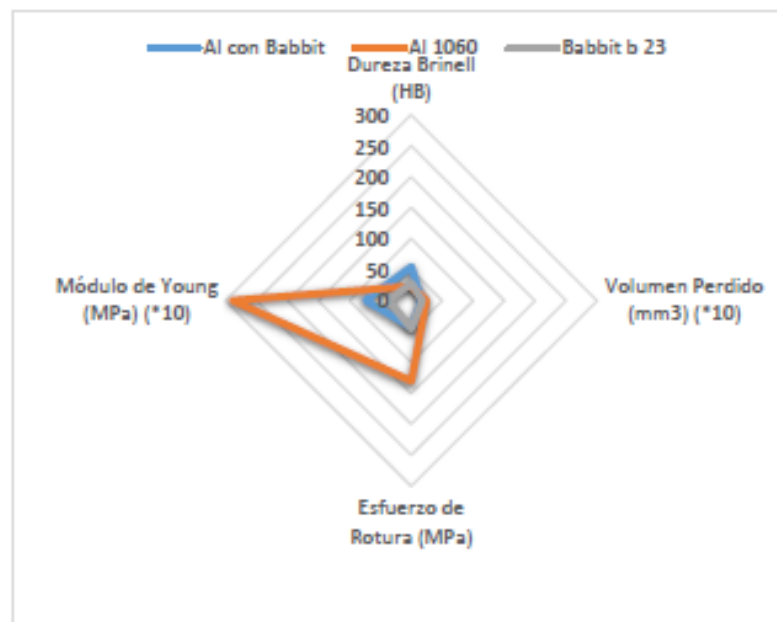
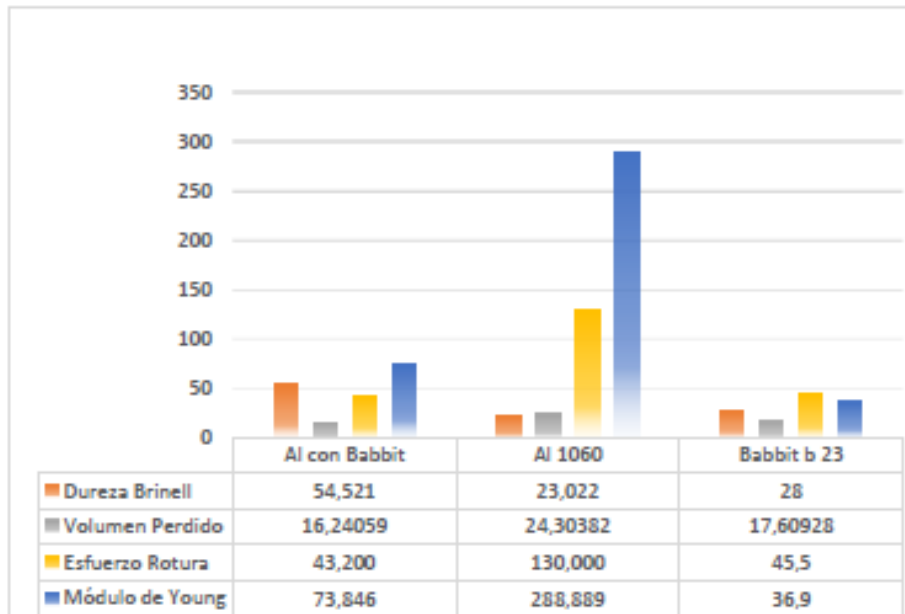
HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

ANEXO 7:

Tabla comparativa de materiales por el método P/M (Aluminio 1060 vs Babbit ASTM b23 alloy 2 vs (80%Al 1060 con 20% Babbit ASTM b23 alloy 2) [14]

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECANICA			
		RESULTADOS			
COMPARACION DE RESULTADOS					
ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MATERIAL OBTENIDO POR EL MÉTODO DE P/M (80% Al 1060 combinado con 20% Babbit ASTM b 23 alloy 2; comparado con investigaciones previas y datos de fichas técnicas.).					
Tipo de ensayo		Dureza Brinell (HB)		Tipo de ensayo	
Norma		ASTM E 10		Tracción	
Tipo de ensayo		Desgaste Húmedo		Norma	
Norma		ASTM G 105		ASTM E 8 M	
Tipo de ensayo		Desgaste Húmedo		Ciudad	
Norma		ASTM G 105		Fecha	
Norma		ASTM G 105		04/12/2017	
DATOS, RESULTADOS OBTENIDOS VS DATOS DE INVESTIGACIONES PREVIAS					
ENSAYO		DUREZA		DESGASTE	
Material		Dureza Brinell (HB)		TRACCIÓN	
Al con Babbit		Volumen Perdido (mm³) (±10)		Esfuerzo de Rotura (MPa)	
Al 1060		36,9		Módulo de Young (MPa) (±10)	
Babbit b 23		17,60928		43,200	
Al 1060		23,022		130,000	
Babbit b 23		28		45,5	
Al con Babbit		54,521		73,846	
Al 1060		23,022		288,889	
Babbit b 23		28		36,9	
Elaborado por:		Sr. Andrés Beltrán		Aprobado por:	
Revisado por:		Ing. Mg. Gonzalo López		Ing. Mg. Gonzalo López	
				Validado por:	
				Ing. Mg. Gonzalo López	

GRÁFICAS DE RESULTADOS



Elaborado por:	Sr. Andrés Beltrán	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López

Nota: Los datos presentados en esta tabla son obtenidos de ensayos previos utilizados para realizar la comparación de los materiales.

Al con Babbit: 80 % AL 1060 con Babbit b 23 Alloy 2; Resultados Obtenidos por el autor.

Al Datos obtenidos en fichas técnicas e investigaciones previas de otros autores.

Babbit: Datos obtenidos en fichas técnicas e investigaciones previas de otros autores.

Evaluación

De los ensayos de Dureza realizados bajo la norma ASTM E 10, se obtiene que el grupo de muestras que presenta una mejor Dureza Brinell (HB) fue la mezcla de Aluminio con babbit, la misma que representa a una fracción volumétrica de 80% Al 1060 combinado con 20% Babbit ASTM b 23 alloy 2, en los gráficos se puede observar que este grupo tiene una dureza correspondiente a 54,521 HB.

De los ensayos de Desgaste con arena húmeda, realizados bajo la norma ASTM G 105, se obtiene que el grupo de muestras que presenta mejor resistencia al desgaste perdiendo la menor cantidad de volumen (mm³) fue el material de Aluminio con Babbit, que representa a una fracción volumétrica de 80% Al 1060 combinado con 20% Babbit ASTM b 23 alloy 2, en los gráficos se puede observar que este grupo tiene la menor pérdida de material correspondiente a 162,4059 mm³.

De los ensayos de Tracción realizados bajo la norma ASTM E 8 se obtiene que el grupo de muestras que presenta una mejor resistencia a la Rotura y un mejor módulo de elasticidad (Young) fue el material Aluminio 1060, en los gráficos se puede observar que este material soporta un Esfuerzo de Rotura= 130 MPa y un Módulo de Young= 2888,89 MPa.

(Fuente: Autor)

Elaborado por:	Sr. Andrés Beltrán	Aprobado por:	Ing. Mg. Gonzalo López
Revisado por:	Ing. Mg. Gonzalo López	Validado por:	Ing. Mg. Gonzalo López