

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

“ESTUDIO DEL RECOCIDO EN LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: ALEX VINICIO RIVERA MARTÍNEZ

TUTOR: Ing. SEGUNDO MANUEL ESPÍN LAGOS. Mg.

AMBATO - ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “Estudio del Recocido en la Aleación Inteligente con Memoria de Forma 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas”, elaborado por el señor Alex Vinicio Rivera Martínez, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica 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 revisada cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, 2014

EL TUTOR

.....
Ing. Segundo Espín L. Mg.

AUTORÍA DE LA TESIS

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de investigación con el tema: **“Estudio del Recocido en la Aleación Inteligente con Memoria de Forma 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas”**, nos corresponde exclusivamente a, Alex Vinicio Rivera Martínez Autor y al Ing. Segundo Manuel Espín Lagos. Mg. Tutor del trabajo de investigación; el Patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 2014

EL AUTOR

.....
Alex Vinicio Rivera Martínez

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi Madre Viviana, y a mi Padre Fausto, quienes han luchado día a día con entero sacrificio y abnegación para enseñarme el camino de él bien, el saber y el respeto.

A mi hermana Gladys por estar siempre dándome ánimos, consejos para que siga en la lucha para alcanzar mis metas.

A mi primo Rolando por su apoyo inagotable en los momentos más difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme la vida y salud.

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Amato por la apertura a la investigación.

A mis maestros quienes depositaron en mí sus conocimientos, para que yo sea un hombre servicial a la sociedad.

A mi tutor Ing. Segundo Espín. Mg. Por sus consejos y su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

A.- PÁGINAS PRELIMINARES.

TEMA:	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DE LA TESIS	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV
ABSTRACT.....	XVI

B.- TEXTO.

CAPÍTULO I.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis Crítico.....	2
1.2.3. Prognosis.....	2
1.2.4. Formulación del Problema.....	2
1.2.5. Preguntas Directrices.....	2

1.2.6. Delimitación del Problema.....	3
1.2.6.1. Delimitación De Contenido.....	3
1.2.6.2. Delimitación Espacial.	3
1.2.6.3. Delimitación Temporal.	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.	4
1.4. OBJETIVOS.	5
1.4.1. Objetivo General.	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.	6
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	7
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	7
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.	8
2.4.1. Aleaciones con Memoria de Forma.	9
2.4.1.1. La superelasticidad.....	9
2.4.1.2. La memoria de forma simple.	10
2.4.2. Tratamientos Térmicos.....	10
2.4.2.1. Etapas del Tratamiento Térmico.	11
2.4.2.2. Permanencia a la Temperatura Fijada.	12
2.4.2.3. Enfriamiento.....	12
2.4.2.4. Velocidad de Calentamiento.	12
2.4.2.5. Temperatura de Calentamiento.	12
2.4.2.6. Tiempo de Permanencia.	13
2.4.2.7. Velocidad de Enfriamiento.	13
2.4.3. Recocido.....	13
2.4.3.1. Cómo se Practica el Recocido.....	13
2.4.3.2. Recocido De Homogeneización.	14
2.4.3.3. Recocido De Recristalización.	16
2.4.4. Proceso	16
2.4.4.1. El Alivio de Tensiones o Recuperación.	16

2.4.4.2.	La Recristalización.....	17
2.4.4.3.	El Crecimiento de Grano.....	17
2.4.5.	Tipos de Recocido.....	18
2.4.6.	Ensayo de Materiales.	19
2.4.6.1.	Probeta.....	19
2.4.6.2.	Selección de la muestra.....	19
2.4.6.3.	Toma de la muestra.	19
2.4.6.4.	Área de la muestra.....	19
2.4.6.5.	Temperatura.	19
2.4.7.	Clasificación de las resinas:	19
2.4.7.1.	Termofraguantes.	19
2.4.8.	Preparar la muestra.....	20
2.4.8.1.	Desbaste:	20
2.4.8.2.	Desbaste grueso.....	20
2.4.8.3.	Desbaste intermedio.	20
2.4.8.4.	Desbaste final.	20
2.4.8.5.	Pulido.	20
2.4.9.	Paños.....	21
2.4.10.	Ataque químico.	21
2.4.11.	Propiedades mecánicas de los materiales.....	21
2.4.12.	Ensayos de tracción en materiales.....	22
2.4.13.	Ensayos de fatiga.....	24
2.4.14.	Ensayos De Dureza.	26
2.4.15.	Dureza Brinell (HB).....	26
2.4.16.	Dureza Rockwell (HR).....	27
2.4.17.	Tamaño de grano.....	27
2.4.18.	Método estándar para la determinación del tamaño de grano.....	28
2.4.18.1.	Método de comparación.....	28
2.4.18.2.	Método planimétrico.	28
2.4.18.3.	Métodos de intercepción.	29
2.4.19.	Influencia del tamaño de grano en materiales.....	29
2.5.	HIPÓTESIS.....	30

2.6.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	30
2.6.1.	Variable independiente.....	30
2.6.2.	Variable dependiente.....	30
2.6.3.	Término de relación:	30
CAPÍTULO III.....		31
3.	METODOLOGÍA	31
3.1.	ENFOQUE.....	31
3.2.	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.1.	Bibliográfico.....	31
3.2.2.	Experimental.....	31
3.3.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.3.1.	Descriptiva.....	32
3.3.2.	Exploratoria.....	32
3.3.3.	Explicativa.....	32
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
3.4.1.	Población.....	32
3.4.2.	Muestra.....	33
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	34
3.6.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	36
3.6.1.	Observación.....	36
3.7.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	36
CAPÍTULO IV		37
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	37
4.1.	PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
4.1.1.	Evaluación de la Aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al.....	38
4.1.2.	Evaluación de las probetas de la aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al. Utilizando diferentes temperaturas y tiempos de recocido.....	42

4.1.2.1.	Recocido a 700 ° C por ½ hora.	42
4.1.2.2.	Recocido a 700 °C por 1 hora.	58
4.1.2.3.	Recocido a 700 °C por 3 horas.....	74
4.1.2.4.	Recocido a 700 °C por 5 horas.....	90
4.1.2.5.	Recocido a 800 °C por 1 hora.	106
4.1.2.6.	Recocido a 800 °C por 3 horas.....	122
4.1.2.7.	Recocido a 800 °C por 5 horas.....	138
4.1.2.8.	Recocido a 900 °C por 1 Hora.	154
4.1.2.9.	Recocido a 900 °C por 3 horas.....	161
4.1.3.	Ensayo de tracción.	163
4.1.4.	Ensayo de tracción de las probetas recocidas a 800°C por cinco horas de la aleación con memoria de forma 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al.....	165
4.1.5.	Ensayo de fatiga rotatoria.....	170
4.1.6.	Ensayo de fatiga rotatoria en las probetas recocidas a 800°C por cinco horas de la aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al.	170
4.1.7.	Ensayo de impacto	175
4.1.8.	Ensayo de impacto en la aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.....	176
4.1.9.	Ensayo de verificación si la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, conserva sus propiedades de memoria de forma.....	177
4.2.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	179
4.2.1.	Interpretación de resultados del ensayo de tamaño de grano.	181
4.2.2.	Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de dureza.	181
4.2.3.	Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de tracción recocidas a 800°C, por 5 horas.	183
4.2.4.	Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de fatiga rotatoria a 800°C, por 5 horas.	183
4.2.5.	Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de impacto.....	184
4.2.6.	Selección de parámetros de temperatura y tiempo para el proceso de recocido.	184
4.3.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	185

4.3.1. Dureza de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 700°C por cinco horas.	186
4.3.2. Dureza de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 800°C por cinco horas.	188
4.3.3. Tamaño de grano de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 800°C por cinco horas.	191
CAPÍTULO V.....	194
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
5.1. Conclusiones.	194
5.2. Recomendaciones.....	195
CAPÍTULO VI.....	197
6. Propuesta.	197
6.1. Datos Informativos.....	197
6.2. Antecedentes de la Propuesta.....	197
6.3. Justificación.....	197
6.4. OBJETIVOS.	198
6.4.1.1. Objetivo General.	198
6.4.1.2. Objetivos Específicos.....	198
6.5. Análisis De Factibilidad.....	198
6.6. Fundamentación.	198
6.7. Metodología.	198
6.8. Administración.....	216
6.9. Previsión de la Evaluación.....	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1: Red de Categorías Fundamentales.	8
Figura. 2.2: Armazón de lentes, aleación Cu Al Be superelastica.....	9
Figura. 2.3: Efecto de memoria de forma simple.	10
Figura. 2.4: Diagramas de fases de equilibrio de sólido a líquido de metales...	15
Figura. 2.5: Cinética del recocido de homogeneización.....	15
Figura. 2.6: Evaluación de la microestructura aplicada tratamiento de recristalización.	16
Figura. 2.7: Esquema del efecto de recocido de recristalización.....	17
Figura. 2.8: Máquina Universal.	23
Figura. 2.9: Máquina a fatiga por flexión rotativa.....	25
Figura. 2.10: Probeta de fatiga de flexión rotativa.	25
Figura. 2.11: Ensayo Brinell.....	26
Figura. 2.12: Penetrador Cono Diamante.	27
Figura. 4.1: Probeta con tamaño de grano 1.	163
Figura. 4.2: Probeta con poros.....	164
Figura. 4.3: Probeta sin poros.	164
Figura. 4.4: Probeta de ensayo de impacto con poros.	175
Figura. 4.5: Probeta de ensayo de impacto sin poros.	175
Figura. 4.6: Aleación con memoria de forma.	177
Figura. 4.7: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin deformar.....	177
Figura. 4.8: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, deformado.....	177
Figura. 4.9: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, aplicando calor.....	178
Figura. 4.10: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, al aplicar calor no recupera forma inicial.	178
Figura. 4.11: Comparación del tamaño de grano a diferentes tiempos y temperaturas de recocidos a temperaturas, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.....	181
Figura. 4.12: Comparación de dureza a tiempo de una hora recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.....	181

Figura. 4.13: Comparación de dureza a tiempo de tres horas recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.	182
Figura. 4.14: Comparación de dureza a tiempo de cinco horas recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin tratamiento térmico.	182
Figura. 6.1: Determinación de la temperatura de Recocido de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, en función del zinc equivalente.	202
Figura. 6.2: Cortar probetas de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.	203
Figura. 6.3: Refrentado de la probeta.	203
Figura. 6.4: Horno de mufla.	203
Figura. 6.5: Horno de mufla.	203
Figura. 6.6: Probeta para el ensayo metalográfico.	205
Figura. 6.7: Desbaste grueso de la probeta en el banco de lijas.	205
Figura. 6.8: Desbaste fino de la probeta en el banco de lijas.	206
Figura. 6.9: Pulido de la probeta en la pulidora.	206
Figura. 6.10: Pulido de la probeta hecho espejo.	207
Figura. 6.11: Secado de la probeta.	207
Figura. 6.12: Reactivo químico para aleaciones en base cobre que contiene 20 gr de FeCl ₃ , 5 ml de HCl, 1 gr de CrO ₂ , y 100 ml de agua destilada.	207
Figura. 6.13: Ataque químico de la probeta 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.	208
Figura. 6.14: Microscópico con la probeta.	208
Figura. 6.15: Observación de la microestructura en el microscopio.	208
Figura. 6.16: Dimensiones de las probetas para el Ensayo de Tracción espécimen 1 según la Norma ASTM E8-01.	211
Figura. 6.17: Probeta para el ensayo de tracción según la norma ASTM E-8.	211
Figura. 6.18: Dimensiones de las probetas para el Ensayo de fatiga rotatoria de acuerdo a la Norma ASTM E 606.	212
Figura. 6.19: Probeta de fatiga rotatoria según la norma ASTM E- 606.	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tipos de Recocido.....	18
Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente.	34
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente.....	35
Tabla 4.1: Resumen de análisis y pruebas de recocido a diferentes tiempos y temperaturas comparados con la microestructura original.....	179
Tabla 4.2: Datos de probetas ensayadas a tracción.	183
Tabla 4.3: Datos de probetas ensayadas a fatiga rotatoria.	183
Tabla 4.4: Datos de probetas ensayadas a impacto.	184
Tabla 6.1: Propiedades del material.	200
Tabla 6.2: Dimensiones de la probeta para el ensayo de tracción.	211
Tabla 6.3: Rubro de gastos.....	216

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo muestra el Estudio del Recocido en la Aleación Inteligente con Memoria De Forma 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, y su Incidencia En Las Propiedades Mecánicas.

Esta aleación, tiene un tamaño de grano 1 (ASTM), siendo un material con una dureza muy alta lo que le convierte en un material frágil y no maquinable.

Con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de esta aleación se, opto por dar un tratamiento térmico de Recocido Total, con el fin de ablandar el material, afinar el grano, disminuir su dureza, y tener una mayor maquinabilidad, ya que de esta manera puede desempeñar con mayor seguridad, en los trabajos a que han de ser aplicados.

Para la investigación se realizaron pruebas y ensayos; como son análisis metalográfico, dureza, fatiga rotatoria, tracción, impacto, los cuales fueron realizados en la Universidad Técnica de Ambato, en los Laboratorios de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, también se contó con la colaboración de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con sus laboratorios de materiales de la Facultad de Mecánica.

De los datos obtenidos de las pruebas realizadas, se determinó parámetros, para obtener el procedimiento adecuado para el recocido de una aleación, 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, lográndose que disminuya el tamaño de grano y su dureza, convirtiéndose en un material dúctil y maquinable y para darle mejores aplicaciones en el campo industrial.

ABSTRACT

The present work shows the Study of the annealed in the Intelligent Alloy with Memory of Form 69.7 % Cu – 23.4 % Zn – 6.71 % Al, and its Incidence In The Mechanical Properties.

This alloy has a grain size 1 (ASTM), being a material with a very high hardness which makes it a fragile material and not machineable.

With the objective of improving the mechanical properties of this alloy is opted to give a thermal treatment of total annealing, with the order to soften the material, refine the grain, decrease its hardness, and have a higher machinability, so in this way it can play with greater security, in the work to be applied.

For the research was carried out tests and trials; as are metallographic analysis, hardness, rotary fatigue, traction, impact, which were carried out, in the laboratories of materials of the Faculty of Civil Engineering and Mechanical, of the Technical University of Ambato is also benefited from the cooperation of the material laboratories of the Faculty of Mechanics, of the Polytechnic School of Chimborazo.

Of the obtained data from the tests carried out, it was determined parameters, in order to obtain the proper procedure for the annealing of a alloy Cu, 69.7 % - 23.4 % Zn - 6.71 % Al, persuaded to decrease the size of grain and their hardness, becoming a ductile material and machineable and to best applications in the industrial field.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.

“ESTUDIO DEL RECOCIDO EN LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. Contextualización.

En los últimos años el mundo ha venido revolucionando haciendo estudios para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales, ha iniciado una era de cambios rápidos y transformaciones que se han caracterizado por los progresos tecnológicos, industriales y socioeconómicos; estos avances han traído consigo procedimientos, métodos para que los materiales tengan mejores propiedades mecánicas, y así tener más tiempo de vida útil, el área de los tratamientos térmicos nos ayudara a mejorar la propiedades mecánicas de los materiales. La innovación y mejoramiento en la producción de un material inteligente con memoria de forma, apunta no solo a una nueva tecnología actualizada sino también al perfeccionamiento de fabricación y elaboración, y también de manera consciente a un desarrollo más racional y económico del proceso.

En el Ecuador, el área de la industria metalúrgica se ha dedicado a la producción de aceros, como también a la aplicación de los tratamientos térmicos de los mismos más no a la realización de tratamientos térmicos en aleaciones en base cobre, ya que en nuestra industria la mayoría de sectores dedicados a la fundición no tienen fundamentación científica, pues sus conocimientos son empíricos, puesto que los procesos los realizan de una manera artesanal.

Dentro de la provincia de Tungurahua no existen estudios realizados sobre los tratamientos térmicos para las aleaciones en base cobre, como es la aleación, 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, este tipo de aleación ofrece grandes expectativas en el campo industrial, y por esta razón motiva realizar el presente proyecto.

1.2.2. Análisis Crítico.

En la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, se ha venido dando el inconveniente de no realizar un tratamiento térmico después de su solidificación, ya que al momento de maquinarlo sufre daños llegando al colapso del material, por lo que motivó a realizar la presente investigación para mejorar las propiedades mecánicas del material y a su vez aportar con datos de temperatura y tiempos de recocido del material.

Al variar la temperatura y tiempo de recocido se puede determinar los parámetros adecuados para obtener mejores propiedades mecánicas y como consecuencia se modificará su estructura metalográfica mas no su composición química.

1.2.3. Prognosis.

De no efectuar la investigación no se conseguirá determinar la incidencia en las propiedades mecánicas, que tiene el tratamiento térmico de recocido aplicado en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.

1.2.4. Formulación del Problema.

¿Qué incidencia tendrá la aplicación de recocido en las propiedades mecánicas, de la aleación inteligente, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, con memoria de forma?

1.2.5. Preguntas Directrices.

¿Cuáles serán los parámetros que intervienen en el tratamiento térmico de recocido de la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al?

¿Cuál será la temperatura ideal para el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al?

¿Qué tiempo será el más adecuado para el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al?

¿Qué tamaño de grano se obtendrá con el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al?

¿La aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, conservará sus propiedades de memoria de forma?

1.2.6. Delimitación del Problema.

1.2.6.1. Delimitación De Contenido.

El presente proceso investigativo tendrá como base para su estudio las siguientes áreas:

- Ingeniería de Materiales
- Procesos de Fabricación
- Tratamientos Térmicos
- Metalografía

Conjuntamente la investigación se sustentara en contenidos de libros, internet, biblioteca, textos relacionados a los tratamientos térmicos, los cuales contribuirán para el desarrollo de la investigación.

1.2.6.2. Delimitación Espacial.

Los ensayos para la investigación se realizó, en el laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, también los ensayos de fatiga rotaria, se lo realizo, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en los laboratorios de Materiales de la Facultad de Mecánica.

1.2.6.3. Delimitación Temporal.

Las prácticas y los ensayos de la investigación se los realizó en el mes de Diciembre 2012 – Julio del 2014, el cual permitió la recopilación de datos con los cuales se estableció parámetros de tiempo y temperatura para el recocido.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La manera más práctica para modificar las propiedades mecánicas como son dureza, tamaño de grano, maquinabilidad de los metales y aleaciones es aplicando los tratamientos térmicos.

El problema se da al existir el desprendimiento de granos y ruptura del material al momento de realizar el maquinado, por lo cual existe una pérdida de material y lo que conlleva a tener piezas con defectos superficiales, esta investigación se encamina a contribuir con la solución del problema, el material para realizar los ensayos es la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, en el cual se aplicó el tratamiento térmico de recocido y poder analizar la incidencia en las propiedades mecánicas del material. Las probetas para los ensayos de la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, fueron auspiciadas por el Ing. Segundo Espín. Mg. Docente de la carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

Dentro de la provincia de Tungurahua no existen estudios realizados sobre los tratamientos térmicos para las aleaciones base cobre, como lo es la aleación, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, este tipo de aleación nos ofrece grandes expectativas en el campo industrial, y por esta razón motivó a realizar el presente estudio, para mejorar el mencionado proceso, implementando un procedimiento de recocido, que nos brindará muchas bondades, como determinar parámetros de temperatura y tiempo, con este proceso se obtendrá un material blando y dúctil, al mismo tiempo aumentando, su maquinabilidad y maniobrabilidad de tal forma mejorando sus propiedades mecánicas.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

- Estudiar las características del proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, y su incidencia en las propiedades mecánicas.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Revisar los parámetros que intervienen en el tratamiento térmico de recocido de la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.
- Determinar la temperatura ideal para el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.
- Determinar el tiempo más adecuado para el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.
- Determinar el tamaño de grano que se obtendrá con el proceso de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.
- Analizar si la aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, conserva sus propiedades de memoria de forma.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Para el desarrollo del estudio se efectuó una investigación bibliográfica en los que se ha determinado la existencia de trabajos de investigación referidos al campo de tratamientos térmicos, de los cuales se ha tomado puntos importantes que contribuyeron a un mejor desarrollo de la misma.

En relación al correspondiente tema:

Fuente: Tesis

Autor: Juan César Farías Aguilar

Año de publicación: julio 2011

Universidad: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Tema: “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del estuche de latón 70/30 empleado en cartuchería militar”

Repositorio digital IPN: Recuperado de: (<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/>)

Conclusiones:

“La aleación de latón de cartuchería no responde a tratamientos usuales de endurecimiento como el típico templado o revenido, para ello se realizó un endurecimiento por deformación en frío partiendo de una mezcla de tamaños de grano ASTM 2, 3 y 4.

El latón se ablanda recociéndolo a temperaturas de 600 a 700° C, alcanzándose la mínima resistencia y el alargamiento máximo, por regla general puede decirse que la resistencia disminuye al aumentar la temperatura, el punto de fusión del latón depende principalmente de su contenido en zinc sin que las adiciones afecten mucho a la temperatura de fusión.

El estudio realizado conduce a interpretar que el material presenta una variación significativa en los números ASTM respecto al tamaño de grano, al corresponder a un tamaño en designación ASTM 2, 3 y hasta 4, esto es comprensible en virtud de que el tamaño de grano no es homogéneo y proviene de un proceso de laminado en caliente.”

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

El proceso investigativo tendrá como base el paradigma crítico propositivo; crítico porque trabaja con un problema real y mejora las propiedades de los materiales, la finalidad de la investigación nos dará una explicación a fondo acerca del recocido de un material inteligente con memoria de forma. También se debe tener una visión de la realidad acerca de las propiedades que se quiere mejorar.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

El proceso investigativo tendrá como base para realizar prácticas y ensayos, las normas ASTM que son:

- ASTM E-3 Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens.^[1]
- ASTM E-7 Standard Terminology Relating to Metallography.^[1]
- ASTM E-8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.^[1]
- ASTM E-18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials.^[2]
- ASTM E-112 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size.^[1]
- ASTM E-606 Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing.^[1]
- ASTM E-23 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic materials.^[1]

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.

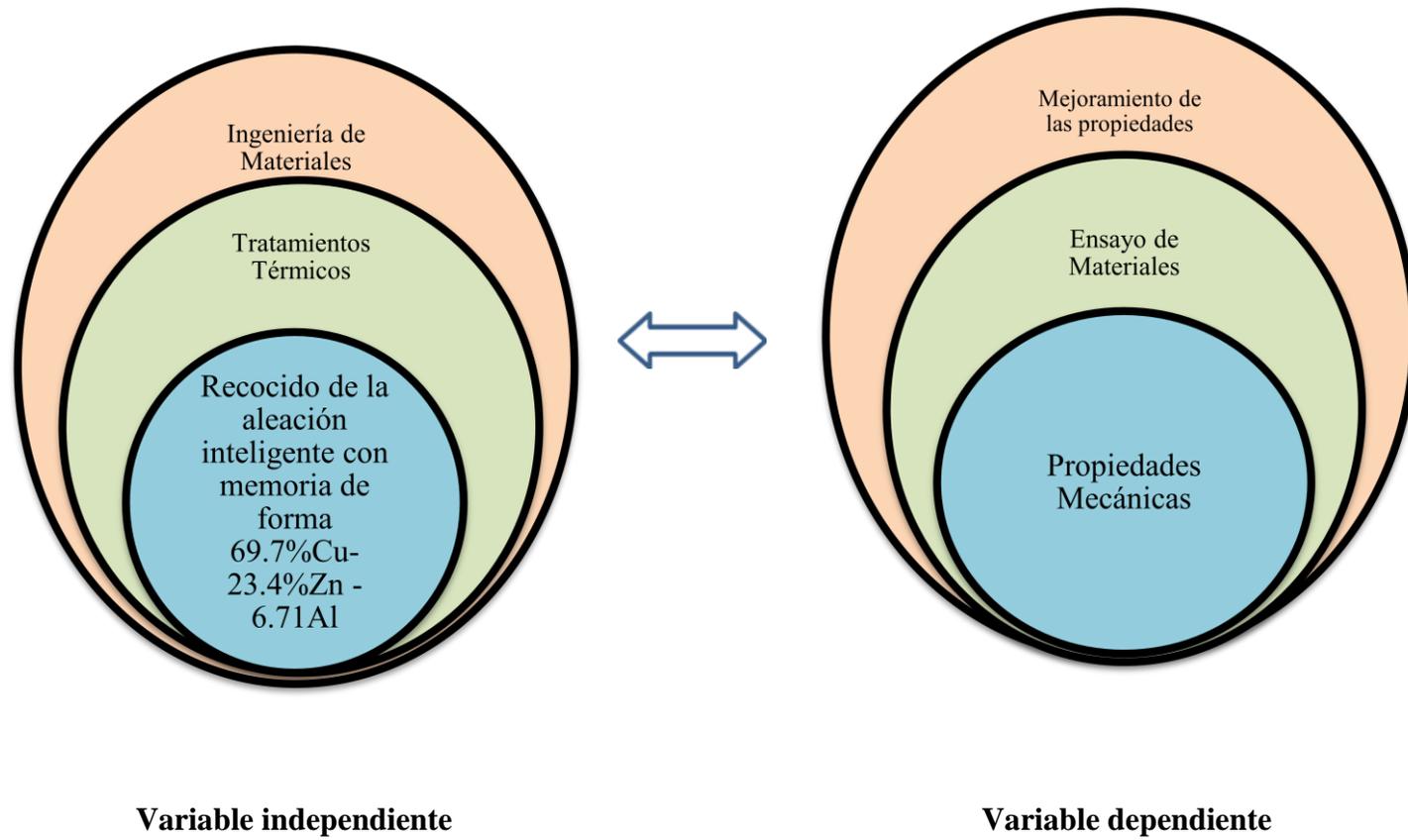


Figura. 2.1: Red de Categorías Fundamentales.
Fuente: El Autor

2.4.1. Aleaciones con Memoria de Forma.

“Las aleaciones base cobre que presentan el efecto de memoria de forma, ya que puede recuperar su forma original aplicando calor, después de ser deformado”.^[3]

Se consideran materiales inteligentes aquellos que tienen la capacidad de cambiar con un estímulo externo concreto, con los que responden a dichos estímulos y reaccionan de la manera específica que otros están asociados con esta transformación, tales como:

- Superelasticidad cuando el material recupera su forma solo con retirar la carga que lo deformó.
- Memoria de forma simple.

2.4.1.1. La superelasticidad.

La superelasticidad, por ejemplo se ilustra en la figura 2.2, donde se muestran unos lentes con un armazón de una aleación Cu-Al-Be. En la figura 2.2 a) se muestran los lentes en su forma original, mientras que en b) se muestran los lentes deformados sin romperse, esta deformación es totalmente reversible, al quitar la fuerza aplicada recuperan la forma original respecto a la figura a).

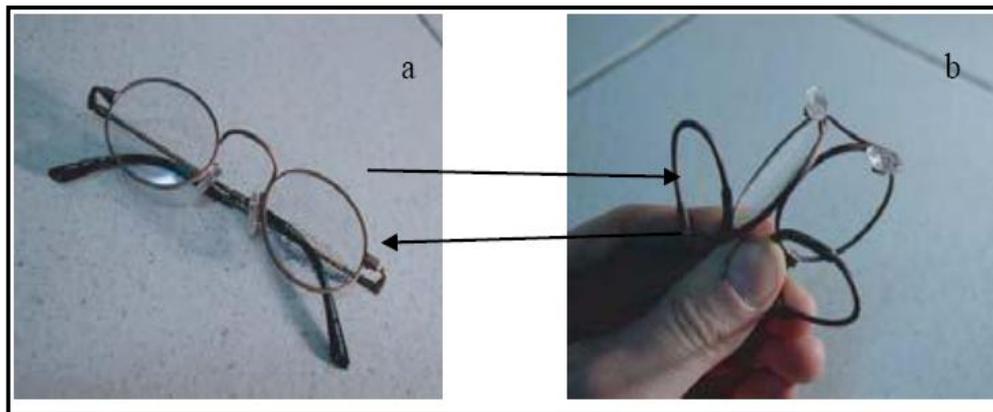


Figura. 2.2: Armazón de lentes, aleación Cu Al Be superelastica.

Fuente: Recuperado de: ([http:// www.nimesis.com](http://www.nimesis.com), N.i.m, comparative table of the SMA properties. 2004, Nimesisintellingen material: Metz, Francia.)

2.4.1.2. La memoria de forma simple.

La memoria de forma simple se ilustra en la figura 2.3 un ejemplo del efecto de memoria de forma simple. Para ello se emplea un alambre originalmente trabajado en forma de la letra “S”. En la figura 2.3 a) se muestra el alambre ya deformado a temperatura ambiente, se deforma hasta que pierde la forma original totalmente. En la figura 2.3 b) el alambre se sumerge en agua caliente y se aprecia cómo va recuperando su forma de “S” casi instantáneamente. En la figura 2.3 c) el alambre se retira del agua caliente con su forma original completamente recuperada.

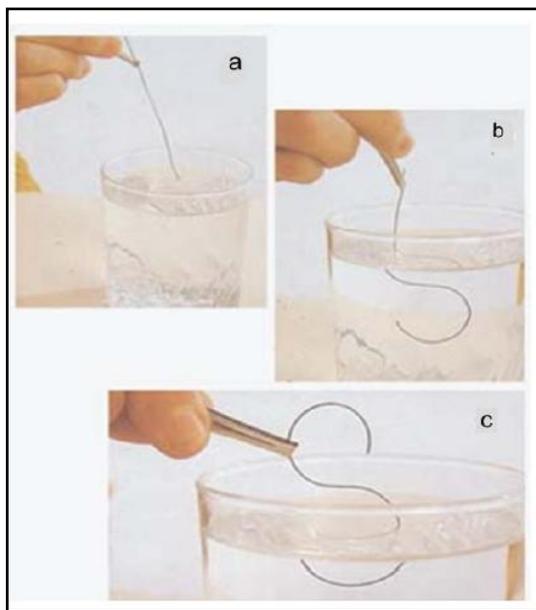


Figura. 2.3: Efecto de memoria de forma simple.

Fuente: Recuperado de: ([http:// www.nimesis.com](http://www.nimesis.com), N.i.m., comparative table of the SMA Properties. 2004, Nimesisintellingen material: Metz, Francia.)

2.4.2. Tratamientos Térmicos.

“Los tratamientos térmicos de los metales y aleaciones es un conjunto de procesos de calentamiento hasta una temperatura dada y enfriándole rápidamente o lento según el tratamiento aplicado, en los que se someten, para modificar su microestructura, y por tanto sus propiedades”. [9]

“Los Tratamientos Térmicos son una herramienta muy utilizada, se trata de variar la temperatura del material, y tiempos de permanecía en el horno, para la obtención de propiedades mecánicas adecuadas en determinados procesos de producción.

El objetivo que se persigue con los tratamientos térmicos, es reducir esfuerzos residuales, reducir el tamaño de grano, incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil. La velocidad de enfriamiento es el factor importante a controlar, un enfriamiento rápido arriba de la zona crítica da por resultado una estructura dura, mientras que un enfriamiento muy lento produce una estructura suave”. [5]

“Consecuencia de las reacciones en estado sólido generadas entre fases existentes a lo largo de los tratamientos térmicos es responsable de las propiedades mecánicas del metal”. [9]

Los factores temperatura y tiempo deben ser muy bien estudiados dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza. De ésta forma se logrará una modificación microscópica, cambios de propiedades internas que permitirán alcanzar algunos de los siguientes objetivos:

- Lograr una estructura de mejor dureza y mayor maquinabilidad.
- Eliminar tensiones internas y evitar deformaciones después del mecanizado.
- Eliminar la acritud que ocasiona el trabajo en frío.
- Conseguir una estructura más homogénea.
- Obtener el crecimiento de granos de la microestructura. [11]

2.4.2.1. Etapas del Tratamiento Térmico.

Un tratamiento térmico consta de tres etapas que se presentan a continuación: calentamiento hasta la temperatura fijada, tiempo de permanencia a la temperatura fijada, enfriamiento lento o rápido.

2.4.2.2. Permanencia a la Temperatura Fijada.

Su fin es la completa transformación del constituyente estructural de partida. Puede considerarse suficiente una permanencia de acuerdo a lo establecido para cada proceso.

2.4.2.3. Enfriamiento.

Este enfriamiento tiene que ser rigurosamente controlado en función del tipo de tratamiento que se realice puede ser rápido o lento. ^[12]

2.4.2.4. Velocidad de Calentamiento.

La rapidez de calentamiento hasta la temperatura deseada es tan importante como otros factores en el ciclo térmico. Los materiales producidos en frío deben calentarse más lentamente que los trabajos en caliente para evitar la distorsión. Se puede considerar la diferencia en temperatura que tiene lugar dentro de secciones gruesas y delgadas de sección transversal variable y siempre que sea posible, se debe tomar alguna medida para hacer más lento el calentamiento de las secciones más delgadas, de tal modo que sea posible minimizar el esfuerzo térmico y la distorsión.

2.4.2.5. Temperatura de Calentamiento.

Se debe calentar el material a una temperatura por encima del intervalo crítico para formar austenita. Todos los procesos básicos de tratamientos térmicos para aceros incluyen la transformación o descomposición de la austenita. De acuerdo al tipo de tratamiento térmico que se le va a realizar al acero y a su contenido de carbono se establecerán estas temperaturas de calentamiento con la ayuda del diagrama Fe-Fe₃C.

2.4.2.6. Tiempo de Permanencia.

El calentamiento de una pieza no se realiza de manera uniforme, las superficies externas alcanzan mayores temperaturas, esto implica que se debe esperar un determinado tiempo para que la temperatura de calentamiento sea uniforme en toda pieza, y se produzca la transformación de la perlita en austenita tanto en el centro como en la superficie de la pieza. Largos tiempos de permanencia y sobre todo a altas temperaturas son muy peligrosos ya que el grano austenítico crece rápidamente dejando el acero con estructuras finales gruesas y frágiles.

2.4.2.7. Velocidad de Enfriamiento.

La velocidad de enfriamiento depende del medio en el cual se realiza el mismo, de la forma y de las dimensiones de la pieza a enfriar, esta debe ser rigurosamente controlada en función del tipo de tratamiento que se aplique. ^[9]

2.4.3. Recocido.

El recocido es un tratamiento térmico orientado a conseguir varios objetivos como: disminuir la dureza de una microestructura, ablandamiento del material, mediante la permanencia de una temperatura elevada, esto se realiza mediante etapas sucesivas de restauración, recristalización, y crecimiento de grano. ^[8]

El Recocido se realiza principalmente para:

- Alterar la estructura del material para obtener las propiedades mecánicas deseadas, ablandando el metal y mejorando su maquinabilidad.
- Para aliviar los esfuerzos residuales.
- Aumentar la plasticidad, ductilidad y tenacidad del acero. ^[11]

2.4.3.1. Cómo se Practica el Recocido

- Se calienta el acero hasta una temperatura dada.
- Se mantiene la temperatura durante un tiempo.

- Se enfría lentamente hasta temperatura ambiente, controlando la velocidad de enfriamiento.

Si la variación de temperatura es muy alta, pueden aparecer tensiones internas que inducen grietas o deformaciones.^[12]

Las aleaciones, después de la solidificación, raras veces tienen una microestructura totalmente homogénea en el sentido de que los diversos elementos aleantes se encuentren uniformemente repartidos en toda la pieza colada, ni siquiera dentro de cada grano, puesto que por lo general, la solidificación ha sido excesivamente rápida por lo que tendremos puntos frágiles como consecuencia de la microestructura presente en el material.

Las operaciones de Recocido se ejecutan algunas veces con el único propósito de aliviar los esfuerzos residuales en la pieza de trabajo causadas por los procesos de formado. Este tratamiento es conocido como Recocido para alivio de esfuerzos, el cual ayuda a reducir la distorsión y las variaciones dimensionales que pueden resultar de otra manera en las partes que fueron sometidas a esfuerzos.

2.4.3.2. Recocido De Homogeneización.

El objetivo es homogeneizar la composición química de las piezas que por diversas causas mantienen composiciones diferentes entre sus diversos puntos.

Este defecto es habitual en procesos de colada cuando la velocidad de enfriamiento es más alta que aquella que la asimila a un proceso reversible, velocidad de enfriamiento muy lenta, especialmente en los diagramas de equilibrio en los que la curva de sólido-líquido muestra ancho rango de temperatura de solidificación, como en el caso de la figura 2.4.^[6]

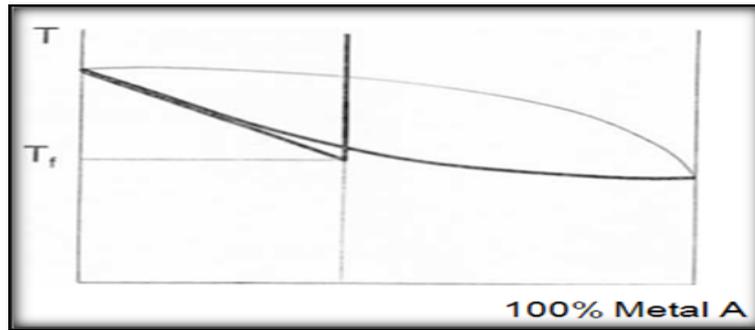


Figura. 2.4: Diagramas de fases de equilibrio de sólido a líquido de metales.
Fuente: Carlos, G., & Vicente, B. (2005). Tecnología De Materiales; México: Alfaomega.

Esta heterogeneidad se califica como defecto ya que el último sólido formado a lo largo de las fronteras de grano y en los espacios interdendríticos es muy rico en metal con punto de fusión más bajo.

El tratamiento térmico de homogeneización es de una sola etapa, en la figura 2.5, se muestran los valores de la variable temperatura, t_1 = tiempo de subida de temperatura, T_s = temperatura de homogeneización, t_2 = tiempo de homogeneización, t_3 = tiempo de enfriamiento del aire, deben permitir el cumplimiento de los procesos de difusión.

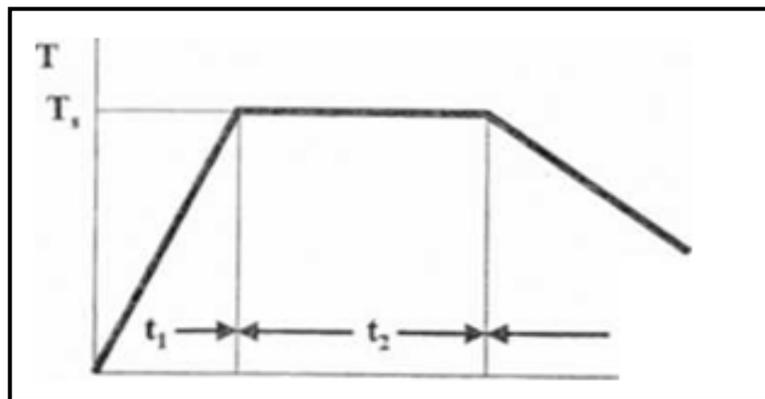


Figura. 2.5: Cinética del recocido de homogeneización.
Fuente: Carlos, G., & Vicente, B. (2005).

2.4.3.3. Recocido De Recristalización.

Es el proceso complementario al de deformación plástica con endurecimiento destinado a recuperar las características resistentes iniciales, lo que es consecuencia de la regeneración de la estructura cristalina, pero no recuperar la forma inicial. Todavía más, el recocido contra acritud, con complementación a la deformación, constituye un proceso de control de características por control del tamaño de grano. También se aplica, usando sólo la primera fase, para realizar el alivio de tensiones que puedan quedar en las piezas que han sido sometidas a procesos de enfriamiento rápido, como es el caso de piezas coladas o soldadas. [6]

2.4.4. Proceso

El tratamiento térmico de recristalización es de una sola etapa como se muestra en la figura 2.6. Sin embargo, se pueden distinguir tres subetapas:

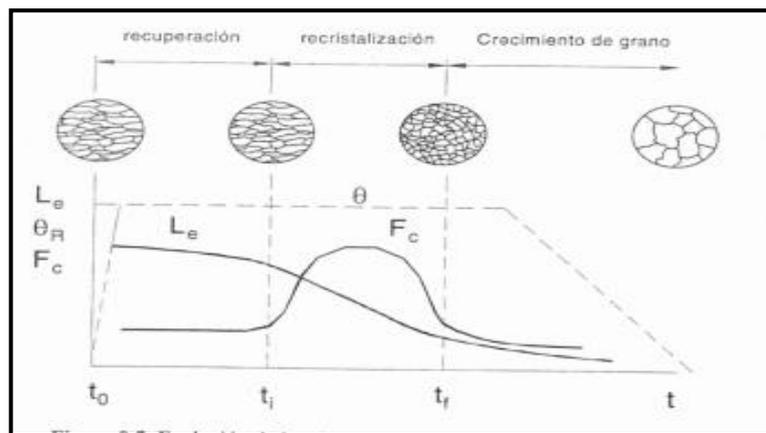


Figura. 2.6: Evaluación de la microestructura aplicada tratamiento de recristalización.

Fuente: Carlos, G., & Vicente, B. (2005).

2.4.4.1. El Alivio de Tensiones o Recuperación.

Durante esta, no tiene lugar a ningún cambio en la microestructura. Sin embargo la movilidad de los átomos es suficiente para disminuir la concentración de defectos puntuales en el interior de los granos, en algunos casos, permite el movimiento de las dislocaciones hacia posiciones menos energéticas este proceso

lleva a cabo una moderada disminución de la dureza sin cambio en la conformación de los cristales. [4]

2.4.4.2. La Recristalización.

Que denota la pérdida de las características conseguidas en la acritud y la reconstrucción de la estructura policristalina.

2.4.4.3. El Crecimiento de Grano.

Alternativa si se dilata el tiempo de tratamiento; que hace descender las características resistentes consecuencia del engrosamiento de grano que tiene lugar. El aumento del grosor de las microestructuras de recocido mediante el crecimiento de grano se muestra en la figura 2.7; muestra que esta etapa de crecimiento de grano provoca un ligero ablandamiento adicional de la aleación.

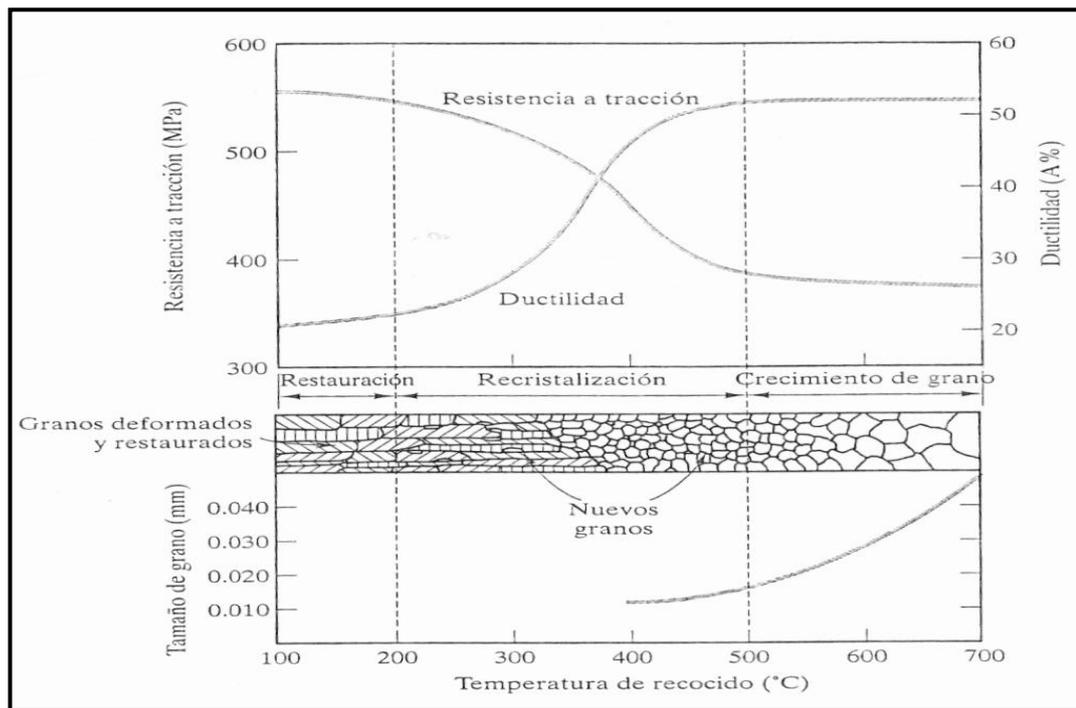


Figura. 2.7: Esquema del efecto de recocido de recristalización.

Fuente: James, F., (2005). Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros. Pearson educación S.A: Madrid.

2.4.5. Tipos de Recocido.

Tabla 2.1: Tipos de Recocido.

Recocidos				
V_o [°C/h]	T_o [°C]	t_p [h]	V_e [°C/h]	Características
Difusivo				
100-150	1000-1150	8-15	100-200	Reduce la heterogeneidad química de los lingotes de acero y elimina las segregaciones dendríticas y tensiones internas. Completo
100-150	TA_3+30° o 50°	$\frac{1}{4} t_c$	100-200	Se utiliza solo para aceros hipoeutectoides trabajados en caliente para afinar el grano y quitar tensiones internas. Incompleto
100-150	TA_1+30° o $50^\circ < T_m$	$\frac{1}{4} t_c$	100-200	Se utiliza solo para aceros hipereutectoides, para reducir la dureza, elevar la plasticidad y mejorar la maquinabilidad. Isotérmico
100-150	Hipoeutectoides TA_3+30° o 50° Hipereutectoides TA_1+30° o $50^\circ < T_m$	$\frac{1}{4} t_c$		Se enfría lentamente, en un baño de sales hasta $T < TA_1$, y se lo mantiene a esta temperatura hasta que la $Fe_3(C) \rightarrow$ Perlita, luego se enfría al aire. La desintegración de la austenita se produce a temperatura constante. Reduce la dureza y mejora la maquinabilidad. Esferoidizante
100-150	$T_c > TA_1$	$\frac{1}{4} t_c$		Se enfría inicialmente hasta $780^\circ C$, luego hasta $550^\circ C - 600^\circ C$ y en adelante en aire. Se produce la transformación a perlita granular esferoidizada a partir de perlita laminar, mejorando la maquinabilidad. Se emplea en aceros con %C mayor a 0,65 aceros para cojinetes de bolas.
Recristalización				
100-150	$T_c < TA_1$ ($650 - 700^\circ C$) $T_{recrist} = \alpha \cdot T_{fusión}$	$\frac{1}{4} t_c$	100-200	Elimina el endurecimiento por deformación en frío, debido a la deformación plástica, laminado en frío, estampado, embutido, etc. Es una operación intermedia a los procesos tecnológicos de laminación en frío, estampación, embutición profunda, trefilado. Para metales y aleaciones técnicamente finas: $\alpha = 0,3$ a $0,4$ Para soluciones sólidas: $\alpha = 0,5$ a $0,6$
Relajación				
100-150	550 - 600	1-2	100-200	Elimina tensiones internas aparecidas por operaciones como fundición, forja, soldadura, mecanizados.

V_o = Velocidad de calentamiento.
 T_o = Temperatura de calentamiento.

t_o = Tiempo de calentamiento.
 V_e = Velocidad de enfriamiento.

t_p = Tiempo de permanencia.

Fuente: Avner, S., (1998). Introducción a la metalurgia física; México: Gran Hill.

2.4.6. Ensayo de Materiales.

2.4.6.1. Probeta.

Llamadas también muestra, parte que se separa de la pieza para ser sometida a análisis.

2.4.6.2. Selección de la muestra.

Parte más importante debido a que su resultado final dependerá de la buena elección de la muestra del material a estudiar. Si usa toda la pieza si es posible, sino se usa una parte de ella. Cortándole un pedazo de esta antes de seleccionar la muestra debe saberse lo que se quiere estudiar, analizando las caras longitudinales y transversales de la pieza.

2.4.6.3. Toma de la muestra.

Se separa la parte a estudiar con una cortadora metalografía.

2.4.6.4. Área de la muestra.

Se considera de un tamaño que pueda ser agarrada con la mano. Si la pieza es muy pequeña, se introduce en resinas plásticas.

2.4.6.5. Temperatura.

En el momento de cortar, la temperatura no debe ser mayor que la soportada por la mano; porque puede causar cambios estructurales.

2.4.7. Clasificación de las resinas:

2.4.7.1. Termofraguantes.

Son opacos tienen color los más utilizados son el rojo y el negro. Cuando se hace el montaje y se alcanza la temperatura de fusión inmediatamente endurece. Si se vuelven a calentar no se derrite sino que se quema. Son calentados a presión y

temperatura indicada por el método. Bakelita utilizada para hacer mangos de ollas, a una Temperatura 150°C.

2.4.8. Preparar la muestra.

2.4.8.1. Desbaste:

Consiste en someter la cara elegida de la probeta a la acción de un papel abrasivo, tomándose 3 etapas.

2.4.8.2. Desbaste grueso.

Se utiliza papel abrasivo de granulometría, 180 no debe ejercer mucha presión. La probeta debe quedar plana y el rayado debe hacerse en un solo sentido.

2.4.8.3. Desbaste intermedio.

Se utilizan dos tipos de lija de granulometría, 240, 320. Se busca siempre mantener la cara plana de la pieza, para lograr esta nos valdremos de un banco de lijas. El nuevo rayado se hace perpendicular al anterior.

2.4.8.4. Desbaste final.

Se utilizan tres papeles abrasivos de granulometría, de 1000, 1500, 2000. Se realiza el mismo proceso anterior. La cara desbastada debe ser limpiada cada vez que se utiliza un papel de lija mediante agua.

2.4.8.5. Pulido.

Consiste en eliminar las rayas muy finas dejadas en la etapa de desbaste y producir una superficie espejo. El equipo utilizado es una pulidora metalográfica, los materiales utilizados son paños de felpa.

2.4.9. Paños.

Pedazo de tela colocado en el disco de la pulidora, el cual se moja con un abrasivo en suspensión acuosa (Alúmina Al_2O_3), debe ser capaz de resistir el roce entre el metal y las partículas abrasivas. El más usado es el que se utiliza la tela de felpa para pulido.

2.4.10. Ataque químico.

Consiste en someter la cara pulida hecho espejo, de la pieza a la acción de un reactivo químico. El reactivo dependerá del metal utilizado. El usado en el laboratorio para aleaciones base cobre es: Aleaciones de cobre (20 gr de $FeCl_3$, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO_2 , y 100 ml de agua destilada) va a disolver primero los bordes de grano definiéndolos; esto sucede porque allí se encuentran las impurezas. Si el material tiene una sola fase el reactivo actúa igual sobre los granos. Si tiene dos fases de reactivo actuara más intensamente sobre una que sobre la otra, dando origen a regiones distintas debido a que no forman compuestos químicos diferentes.

2.4.11. Propiedades mecánicas de los materiales.

Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos cuidadosos de laboratorio, que reproducen lo más fielmente posible las condiciones de servicio. Muchos materiales en condiciones de servicio están sometidos a fuerzas o cargas. En esas situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca rotura. El comportamiento mecánico de un material refleja la relación entre la respuesta o deformación del material ante una fuerza o carga aplicada. Por otro lado, se dedican a producir y fabricar materiales que cumplan las condiciones de servicio previstas por el análisis de esfuerzos. Esto necesariamente implica un conocimiento de la relación entre la microestructura de los materiales y sus propiedades mecánicas. Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son resistencia, dureza, ductilidad y rigidez. Algunos de los fines de los ensayos mecánicos de materiales son:

- a.- Determinar la calidad de un material. Éste puede ser un aspecto del control del proceso en una instalación de producción.
- b.- Determinar propiedades tales como la resistencia, la dureza y la ductilidad.
- c.- Estimar las posibilidades de rendimiento de un material en condiciones de servicio particulares. ^[14]

2.4.12. Ensayos de tracción en materiales.

Uno de los ensayos mecánicos de esfuerzo - deformación más común es el realizado a tracción de acuerdo a la norma ASTM E - 8. Normalmente, una probeta se deforma hasta la rotura con una carga de tracción que aumenta en forma gradual y que se aplica uniaxialmente a lo largo del eje mayor de la probeta. En la figura 2. 7 se muestra una probeta de tracción.

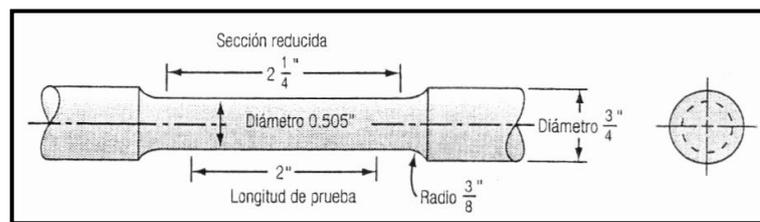


Figura. 2.7: Probeta de tracción normalizada.

Fuente: William F., & Smith, J. (2004). Fundamentos De La Ciencia E Ingeniería De Materiales. México: Gran Hill.

Por lo general, la sección de la probeta es circular, pero también se utilizan probetas rectangulares. Esta configuración en la región central más estrecha (la cual tiene una sección transversal uniforme a lo largo de su longitud) y también para reducir la posibilidad de fractura en los extremos de la probeta.

Para realizar el ensayo de tracción se utiliza la máquina universal como se observa en la figura 2.8.

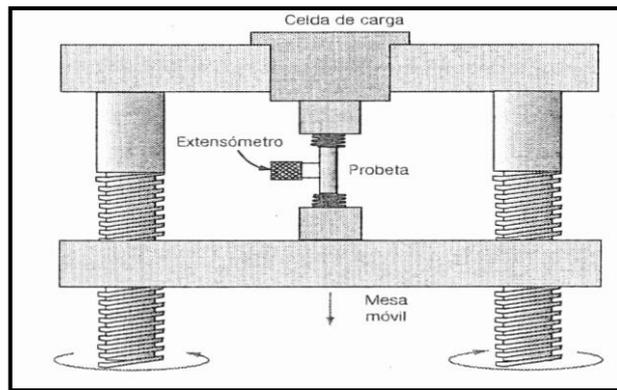


Figura. 2.8: Máquina Universal.
Fuente: William F., & Smith, J. (2004).

Para minimizar estos factores geométricos, la carga y el alargamiento están sujetos a los parámetros de esfuerzo nominal y deformación nominal, respectivos.

El **esfuerzo nominal** σ se define mediante la relación:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{Ec.2.1}$$

Dónde:

F: es la carga instantánea aplicada perpendicularmente a la sección transversal de la probeta, en unidades de newton (N) o libras fuerza (lbf).

A₀: es el área de la sección transversal original antes de aplicar la carga (m² o pulg²).

Las unidades de esfuerzo nominal (de aquí en adelante denominado simplemente esfuerzo) son mega pascales, Mpa (SI) (donde 1 Mpa = 10⁶ N/m²), y libras fuerza por pulgada cuadrada, psi (unidades del sistema inglés).

La **deformación nominal** se define como:

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta l}{L_0} \quad \text{Ec.2.2}$$

Dónde:

L₀: Es la longitud original antes de aplicar la carga.

L_i : Es la longitud instantánea.

Algunas veces el segmento $L_i - L_0$ se denota simplemente mediante Δl , y es el alargamiento producido por deformación o el cambio de longitud en un instante determinado con respecto a la longitud inicial. La deformación nominal (en lo sucesivo llamada simplemente deformación) no tiene unidades, aunque a menudo se expresa en pulgadas por pulgada o en metros por metro; obviamente el valor de la deformación es independiente del sistema de unidades. A veces, la deformación se expresa como un porcentaje, esto es, el valor de la deformación se multiplica por 100.

2.4.13. Ensayos de fatiga.

En muchos tipos de aplicaciones las piezas metálicas sometidas a esfuerzos cíclicos o repetitivos se rompen por la fatiga que sufren debido a un esfuerzo mucho menor de lo que la pieza puede soportar durante la aplicación de un esfuerzo estático sencillo. Estas fallas se denominan fallas por fatiga. Las piezas móviles, como los ejes de transmisión de movimiento, bielas y engranajes, se da la falla por fatiga.

Algunas estimaciones de las fallas de las máquinas se atribuyen en un 80 por ciento de la acción directa a las fallas por fatiga. ^[4]

Se usan numerosos tipos de ensayo para determinar los ciclos de resistencia del material. La prueba de fatiga más comúnmente utilizada a menor escala es la prueba de fatiga por flexión alternante rotativa, en el cual la probeta se somete a esfuerzos alternos de tensión y compresión de la misma magnitud durante la rotación, figura 2.9.

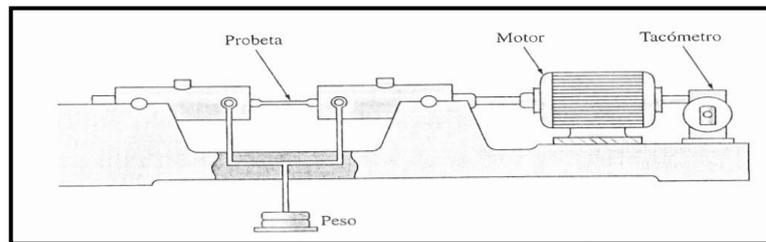


Figura. 2.9: Máquina a fatiga por flexión rotativa.
Fuente: William F., & Smith, J. (2004).

El esquema de una probeta para la prueba de fatiga por flexión alternante rotativa se muestra en la figura 2.10.

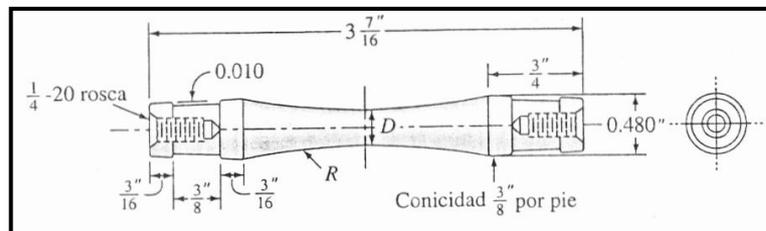


Figura. 2.10: Probeta de fatiga de flexión rotativa.
Fuente: William F., & Smith, J. (2004).

La superficie de la probeta tiene que estar bien pulida y adelgazada en la parte central. Durante la prueba con este aparato, el centro de la probeta está sometido a tensión en su superficie inferior, mientras que en su superficie superior lo está a la compresión provocada por el peso aplicado en el centro de la máquina.

2.4.14. Ensayos De Dureza.

De forma genérica se entiende por dureza la resistencia superficial a la deformación de un sólido, a partir de ella se pueden obtener informaciones acerca de las características mecánicas del mismo, ya que está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas.

En estos ensayos se mide la profundidad o tamaño de la huella o hendidura resultante, que se relaciona con un número de dureza; cuanto más blando es el material, mayor y más profunda es la huella, y menor el número de dureza.

2.4.15. Dureza Brinell (HB).

Se caracteriza porque la impresión se produce mediante una bola de acero extra duró, a la que se aplica una carga con el fin de que deje una huella impresa en el material como se ve en la figura 2.11.

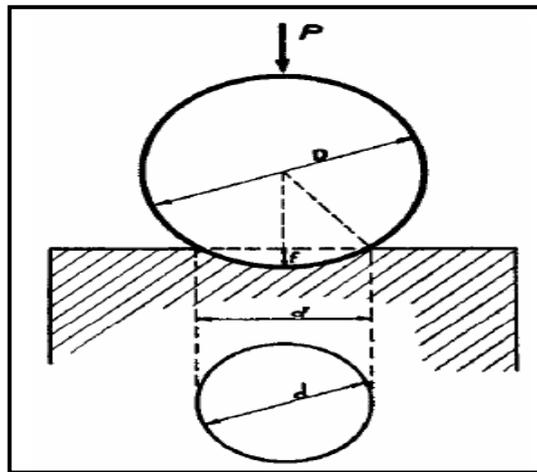


Figura. 2.11: Ensayo Brinell.

Fuente: Tratamientos térmicos recuperado de:
(http://www.dimf.upct.es/personal/MM_I/Practicas%20Materiales.pdf.)

La impresión de la huella será un casquete esférico. Llamando D al diámetro de la bola, P a la carga aplicada y d al diámetro de la huella, la dureza vendrá dada por:

$$H = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{Ec.2.3}$$

Dónde:

P = Carga aplicada (Kg).

D = Diámetro del penetrador (mm).

d = Diámetro de la impresión o indentación (mm).

Este ensayo se caracteriza por provocar en la pieza una huella producida por una bola de acero extra duró, o en casos especiales, de carburo de Wolframio de diámetro determinado al actuar sobre ella una carga también prefijada. Se producirá entonces una huella en forma de casquete esférico sobre la pieza, de diámetro **d** y superficie **S**.

2.4.16. Dureza Rockwell (HR).

Se utiliza como penetrador, según los casos, una bola de acero o un cono de diamante de ángulo en el vértice de 120° , ver figura 2.12, con un extremo esférico de 0,2 mm, de diámetro. En este ensayo no se mide la superficie de la huella, sino su profundidad.

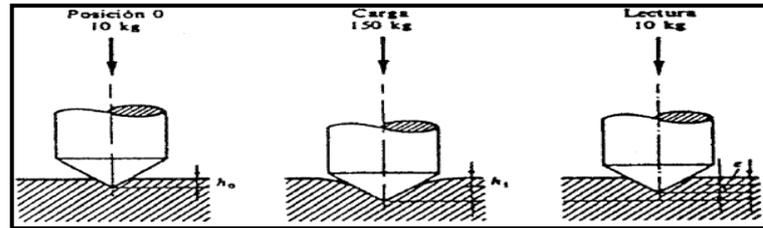


Figura. 2.12: Penetrador Cono Diamante.

Fuente: Tratamientos térmicos recuperado de:

(http://www.dimf.upct.es/personal/MM_I/Practicas%20Materiales.pdf)

2.4.17. Tamaño de grano.

El tamaño de los granos en una pieza colada está determinado por la relación entre la rapidez de crecimiento **G** y la rapidez de nucleación **N**, si el número de núcleos formados es alto se producirá un material de grano fino, y si solo se forman unos pocos núcleos se producirá un material de grano grueso.

La rapidez de enfriamiento es el factor más importante para determinar la rapidez de nucleación y, por tanto, el tamaño de grano. El enfriamiento rápido dará como

resultado que se forme un gran número de núcleos y que se obtenga un tamaño de grano fino, en tanto que en el enfriamiento lento (fundición en arena o molde caliente) sólo se forman algunos núcleos y tendrán la oportunidad de crecer, consumiendo el líquido antes que se puedan formar más núcleos.^[7]

2.4.18. Método estándar para la determinación del tamaño de grano.

La norma ASTM E-112 describe distintos métodos para la medición del tamaño de grano, los cuales se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

- Método de Comparación.
- Método de Planimétrico.
- Método de Intersección.

2.4.18.1. Método de comparación.

Mediante el método de prueba y error se encuentra un patrón que coincide con la muestra en estudio y entonces se designa el tamaño de grano del metal por el número correspondiente al número índice del patrón mixto; se trata de manera semejante, en cuyo caso se acostumbra especificar el tamaño de granos en términos de dos números que denota el porcentaje aproximado de cada tamaño presente.

2.4.18.2. Método planimétrico.

Es el más antiguo procedimiento para medir el tamaño de grano de los metales, el cual consiste en que un círculo de tamaño conocido (generalmente 19.8 mm, 5000 mm² de área) es extendido sobre una microfotografía o usado como un patrón sobre una pantalla de proyección, se cuenta el número de granos que están completamente dentro del círculo n1 y el número de granos que interceptan el círculo n2 para un conteo exacto los granos deben ser marcados cuando son contados lo que hace lento este método.

2.4.18.3. Métodos de intercepción.

El método de intercepción es más rápido que el método planimétrico debido a que la microfotografía o patrón no requiere marcas para obtener un conteo exacto. El tamaño de grano se estima contando por medio de una pantalla dividida de vidrio, o por fotomicrografía o sobre la propia muestra, el número de granos interceptados por una o más líneas rectas. Los granos tocados por el extremo de una línea se cuentan solo como medios granos. Las cuentas se hacen por lo menos en tres posiciones distintas para lograr un promedio razonable. La longitud de líneas en milímetro, dividida entre el número promedio de granos interceptados por ella da la longitud de intersección promedio o diámetro de grano.

2.4.19. Influencia del tamaño de grano en materiales.

“Aleaciones que posean una combinación de granos pequeños y grandes se consigue esta propiedad de memoria de forma”. [15]

Los metales de grano pequeño tienen mayor resistencia a la tracción y dureza pero su distribución uniforme hace que el metal sea quebradizo y se parta al tratar de doblarlo. Conforme aumenta la temperatura, existe un rápido crecimiento de grano, haciendo que los metales mejoren su dureza, y que puedan doblarse sin romperse, pero permanecerá con esa torsión. Para que recobren su forma inicial, es necesario un equilibrio entre el carácter quebradizo de la estructura y la maleabilidad de ésta, que se logra mediante una combinación de granos pequeños y grandes. Al doblar los metales, las variaciones en su microestructura provocan la deformación plástica de los granos más grandes y la adaptación elástica de los granos más pequeños.

2.5. HIPÓTESIS.

La aplicación del recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, mejorará las propiedades mecánicas.

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.

2.6.1. Variable independiente.

La aplicación del recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.

2.6.2. Variable dependiente.

Propiedades mecánicas.

2.6.3. Término de relación:

Mejorará.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE.

En el proceso investigativo prevalecen los datos cuantitativos, razón por la cual se manejaron datos numéricos, en el estudio se realizó diferentes tipos de ensayos para determinar, dureza, tamaño de grano, y microestructuras y parámetros de temperatura y tiempo del proceso de recocido, visto de tal forma este trabajo busco mejorar las Propiedades Mecánicas de la aleación realizando el tratamiento térmico de recocido.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

El proceso investigativo está sustentado en las siguientes modalidades:

3.2.1. Bibliográfico.

La investigación es bibliográfica porque se realizó con información sustentada de libros, tesis, publicaciones.

3.2.2. Experimental.

El proceso investigativo fue experimental ya que se realizaron ensayos de recocido, para poder analizar los resultados en cuanto a las propiedades mecánicas, los mismos que se realizaron en los laboratorios de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El proceso investigativo está sustentado en los siguientes tipos:

3.3.1. Descriptiva.

La investigación está sustentada en la modalidad descriptiva pues su objetivo es obtener, parámetros de temperatura y tiempo, para así mejorar las propiedades mecánicas, del material como el tamaño de grano, dureza, microestructura, cuando se aplica un tratamiento térmico.

3.3.2. Exploratoria.

Es una investigación en la cual será necesario identificar los parámetros con los cuales se pueda determinar los que tengan más influencia en el análisis de las propiedades mecánicas de la aleación.

3.3.3. Explicativa.

Se analizó todos los resultados obtenidos en los ensayos para conocer los parámetros que nos dio mejores propiedades.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1. Población.

Según la tesis de grado: Henry Vaca. (2012). “Análisis de Recocido en Soldadura de Acero AISI 1018 con Electrodo AWS E-7018 y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas”. Extraído del repositorio de la UTA.

En el presente estudio se procedió a definir la población, que está constituida por lingotes cilíndricos y barras rectangulares de la Aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al. Sometidas a nueve casos de estudio.

DE CASOS: 3 condiciones de temperatura x 3 condiciones de tiempo.

DE CASOS: 9

Condiciones de temperatura de recocido:

700°C, 800°C, 900°C

Condiciones de tiempo de recocido:

1h, 3h, 5h, de permanencia en el horno.

Los nueve casos fueron sometidos a los siguientes ensayos:

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| ➤ Ensayo Metalográfico | Según ASTM E3 |
| ➤ Ensayo de Dureza | Según ASTM E18 |
| ➤ Ensayo de Tracción | Según ASTM E8 |
| ➤ Ensayo de Fatiga Rotatoria | Según ASTM E606 |
| ➤ Ensayo de Impacto | Según ASTM E23 |

3.4.2. Muestra.

No se tiene muestra debido a que es un estudio de casos.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable Independiente: El análisis de recocido en la aleación inteligente con memoria de forma, 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente.

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Tipo de instrumento
El recocido es un tratamiento térmico que consiste en calentar un material a una temperatura adecuada durante un período de tiempo y luego enfriar lentamente a lo largo del intervalo de transformación ya sea al ambiente o en el horno.	Calentamiento	Temperatura (°C)	¿Cuál debe ser la temperatura de calentamiento para recocer el material?	Ensayo de laboratorio Observación directa Cuaderno de notas.
	Permanencia	Tiempo (horas)	¿Cuál es el tiempo de permanencia del material?	Ensayo de laboratorio Observación directa Cronómetro Cuaderno de notas
	Enfriamiento	Horno de mufla	¿Cuál es el medio de enfriamiento que se utiliza?	Ensayo de laboratorio

Fuente: El Autor.

Variable Dependiente: Propiedades mecánicas.

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente.

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Tipo de instrumento
Las propiedades mecánicas están determinadas mediante ensayos de laboratorio las cuales describen el comportamiento de un material bajo cargas aplicadas, estos ensayos pueden ser: Ensayos de tracción, dureza, metalografía.	Análisis metalográfico	Estructura metalográfica	¿Qué estructura metalográfica se obtendrá en el recocido?	Ensayo de laboratorio Microscopio Observación directa
	Ensayo dureza	Tamaño de grano	¿Qué tamaño de grano se obtendrá en el recocido?	Norma ASTM E-112 Cuaderno de notas.
		Dureza (Rockwell B)	¿Qué dureza se obtendrá al aplicar el recocido?	Durómetro Formatos o fichas para toma de datos
	Ensayo tracción	Resistencia a la tracción.(lb/plg ²)	¿Qué resistencia a la tracción se obtendrá en el recocido?	Máquina universal. Norma ASTM E-8 Cuaderno de notas
Ensayo Charpy	Resistencia al impacto (Joules)	¿Qué resistencia al impacto se obtendrá en el recocido?	Máquina para ensayos charpy Norma ASTM E-23	

Fuente: El Autor.

3.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Para el proceso de recolección de la información se basó en la obtención, de parámetros de temperatura y tiempo de recocido, así como los datos de ensayos, fueron recolectados mediante técnicas como:

3.6.1. Observación.

Se anotó todos datos necesarios obtenidos en los ensayos para tener una base de información, para lo cual se utilizó un cuaderno de notas en el que constan datos de fechas, características, de los ensayos realizados.

3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

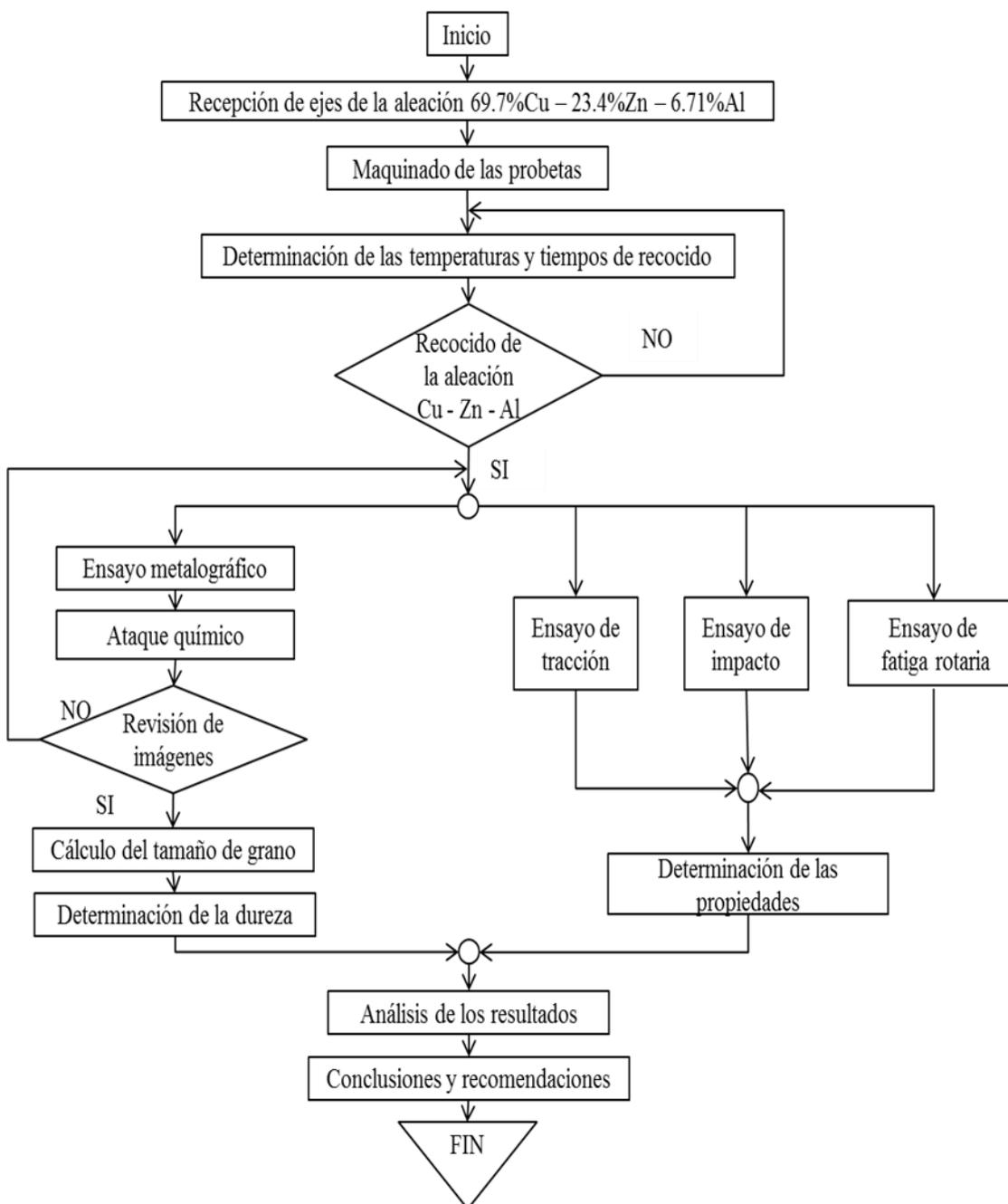
Realizado los ensayos de recocido a diferentes temperaturas y tiempos para determinar la microestructura y tamaño de grano, dureza, de acuerdo a normas, tabular los datos y comparar sus propiedades y ver si pierde o no su propiedad de memoria de forma y así poder concluir con parámetros para el proceso investigativo de tratamientos térmicos en la aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1. PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el proceso investigativo para la obtención de datos se ha tomado el siguiente diagrama de flujo:



4.1.1. Evaluación de la Aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	01	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM		Fecha de realización:	12/11/2013	

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA				
Temperatura ambiente del lugar:	19° C	Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		
Otros:					

ESPECIFICACIONES DE LAS BARRAS UTILIZADAS

Material:	Aleación 69.7%Cu 23.4%Zn 6.71%Al.			
Diámetro:	1"	Dureza:	96.4 HRB	
Longitud:	8"	Color:	Amarillo	
Características:	Eje	Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento térmico	

OBSERVACIONES:

Las propiedades registradas fueron obtenidas de la tesis de grado del Ing. Segundo Espín. Mg. (2012). Estudio de la aleación inteligente con memoria de forma CuZnAl para determinar su aplicación industrial. Universidad Técnica de Ambato.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	01
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	01
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/11/2013
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

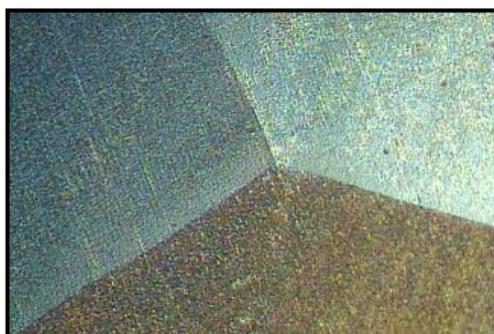
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al. (100X)



Microestructura 100X, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) 3 segundos.

OBSERVACIONES:

La microestructura presenta una fase β , con un tamaño de grano de grado1, esto quiere decir que el material es duro y frágil.

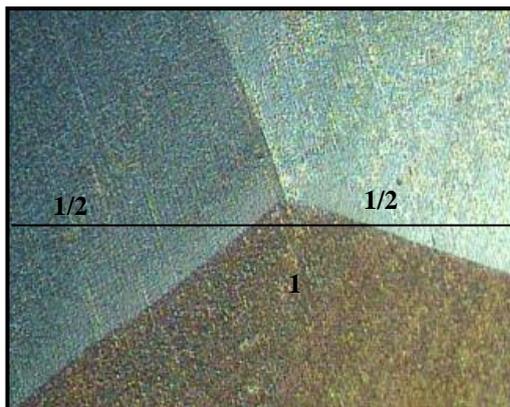


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Determinación del tamaño de grano:	Método:	ASTM E112-96
---	----------------	--------------



Microestructura 100X, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos.

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$ $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{225}{10}\right) = 1.01$	<p>Dónde :</p> <p>E = Esta en función del objetivo utilizado a 10x que se encuentra calibrado con el computador, y el televisor del laboratorio de materiales de la FICM.</p> <p>L = Es el objetivo del microscopio 10x..... 450μm</p> <p>n = número de granos intersecados por la línea</p>
---	--

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que representa un tamaño de grano extremadamente grande, lo que nos indica que el material es duro y frágil.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	01
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	01
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	19/11/2013
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96.5
2	96.5
3	93
4	97.5
5	98
6	98
7	97.5
8	97
9	96.5
10	93.5
Dureza promedio	96.4

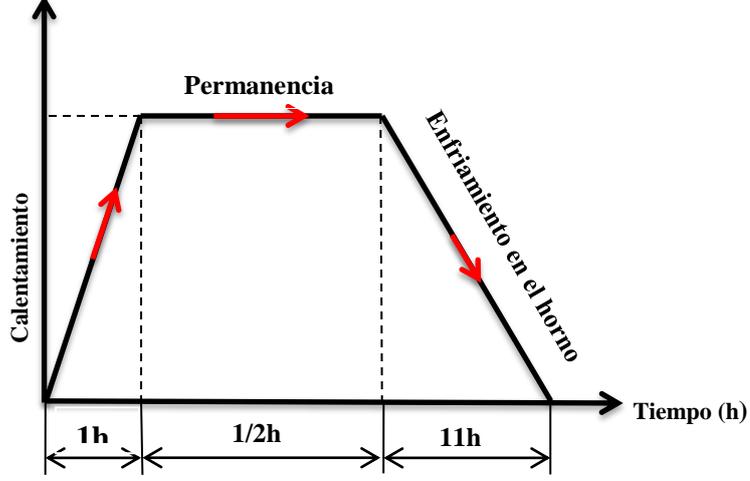


INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio del material fue de 96.4 (HRB)

4.1.2. Evaluación de las probetas de la aleación inteligente con memoria de forma 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al. Utilizando diferentes temperaturas y tiempos de recocido.

4.1.2.1. Recocido a 700 ° C por ½ hora.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
Probeta N°	1	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	24/01/2014
ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO					
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Total	Temperatura de recocido:	700 ° C
Tiempo de permanencia en el horno:	½ H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al	
Características:	Eje		Diámetro:	1"	Longitud: 1"
Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al.				
	<div style="text-align: center;"> <p>Temperatura ° C</p>  <p>700 ° C</p> <p>Calentamiento</p> <p>Permanencia</p> <p>Enfriamiento en el horno</p> <p>Tiempo (h)</p> <p>1h 1/2h 11h</p> </div>				



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	1.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE MEDIA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

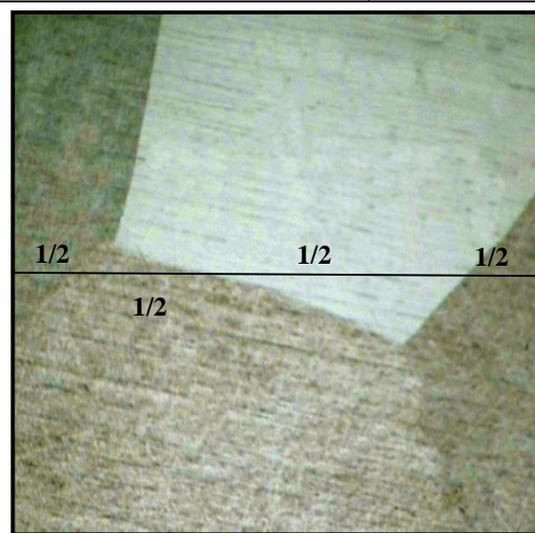
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{225}{10}\right) = 1.01$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
 recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante media hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	1.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	97.5
3	97
4	92.5
5	97
6	96
7	95.5
8	96
9	96
10	97.5
Dureza promedio	96.1



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.1 (HRB), con recocido a 700 °C, por media hora.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.2
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE MEDIA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

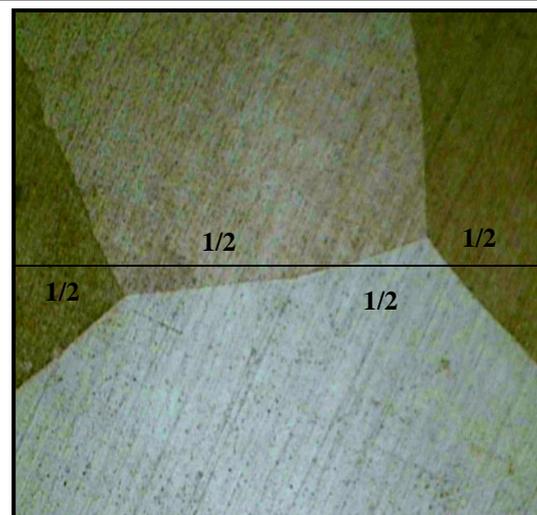
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
 recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante media hora nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES

--



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.2
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	94.5
2	94
3	96
4	97
5	96.5
6	97
7	96.5
8	97
9	96
10	97.5
Dureza promedio	96.2



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.2 (HRB), con recocido a 700 °C, por media hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.3
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE MEDIA HORA**



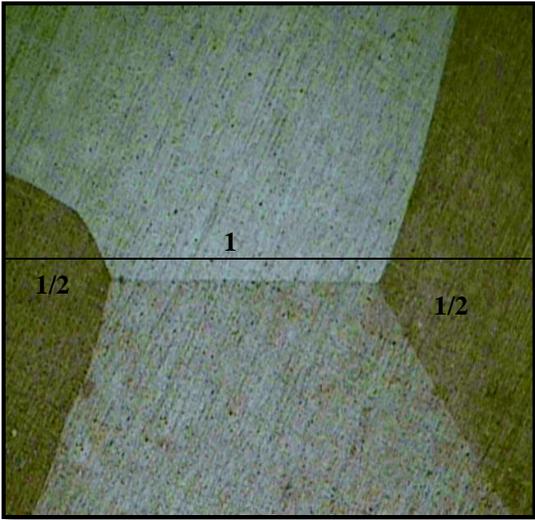
Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
Determinación del tamaño de grano:		Número del Lente óptico:	100x
Cálculo:			
$E = \frac{L}{n}$			
$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$			
ASTM:			
$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$		<p>Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>	
$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$			

Tamaño de grano ASTM: 1.01 \cong 1

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante media hora nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.3
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96.5
2	96
3	94
4	96
5	97
6	97
7	94
8	96.5
9	94
10	97
Dureza promedio	95.8



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.8 (HRB), con recocido a 700 °C, por media hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.4
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE MEDIA HORA**



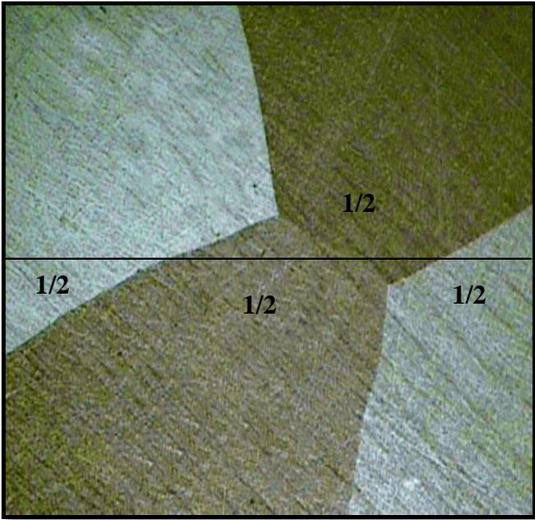
Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
Determinación del tamaño de grano:		Número del Lente óptico:	100x
<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$ $G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$			
<p>Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>			

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante media hora nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES

--



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.4
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95
2	94
3	96
4	96.5
5	96
6	97
7	96.5
8	97
9	96
10	96
Dureza promedio	96



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96 (HRB), con recocido a 700 °C, por media hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.5
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE MEDIA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

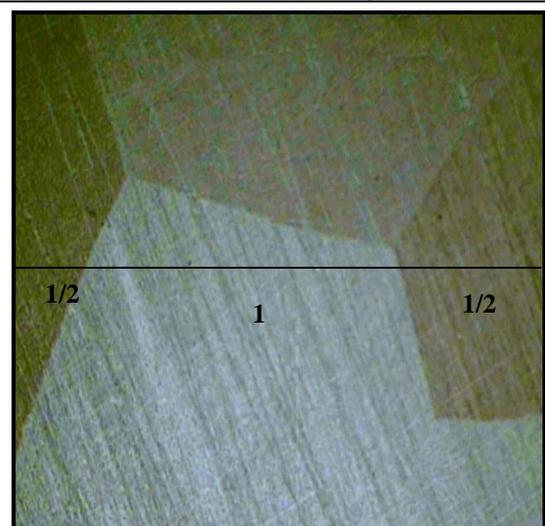
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1/2h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante media hora nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1/2h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	1
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	1.5
Solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	27/01/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	95
3	95.5
4	96.5
5	97
6	96
7	96.5
8	95
9	95
10	97
Dureza promedio	95.9



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.9 (HRB), con recocido a 700 °C, por media hora.

4.1.2.2. Recocido a 700 °C por 1 hora.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	2	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	31/01/2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

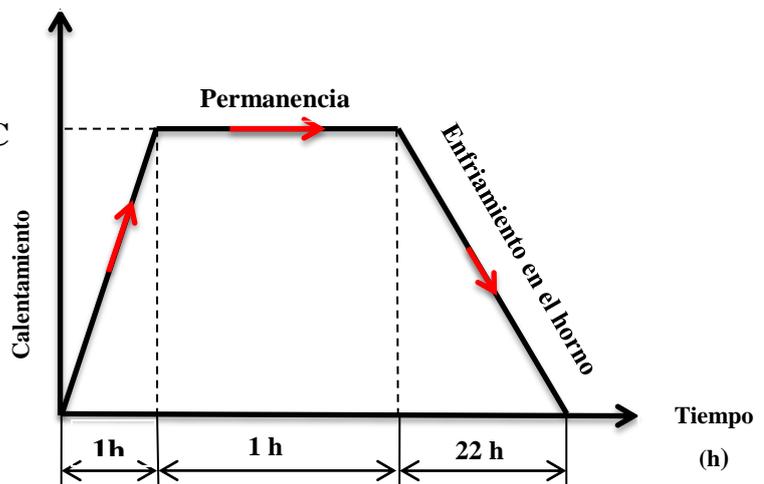
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Total	Temperatura de recocido:	700 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	1 h		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLER REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.
----------------	--



Temperatura °C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1 h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	2.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	03/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	--

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

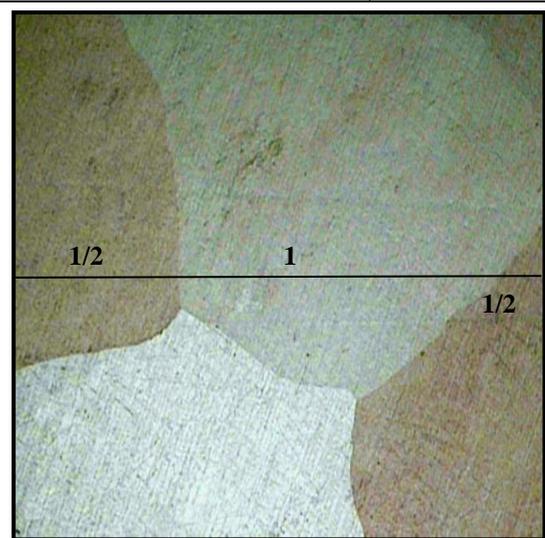
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES

--



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	2.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	03/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96.5
2	97
3	96
4	95.5
5	95
6	96
7	95.5
8	96
9	97
10	96
Dureza promedio	96.05



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.05 (HRB), con recocido a 700 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	--

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

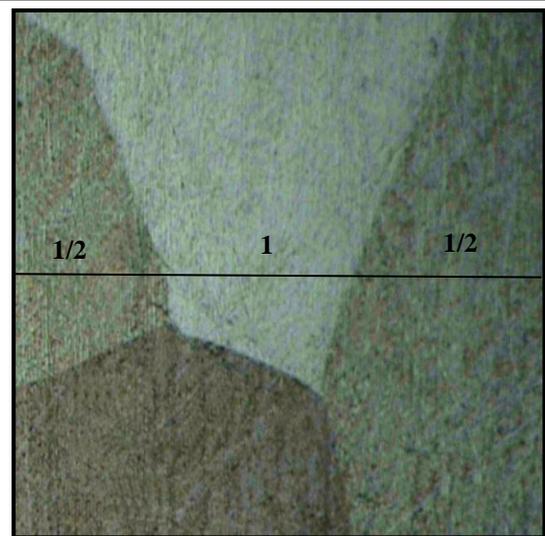
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95.5
2	96.5
3	96
4	96
5	97
6	96.5
7	96
8	97
9	96.5
10	95.5
Dureza promedio	96.2



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.2 (HRB), con recocido a 700 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	--

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

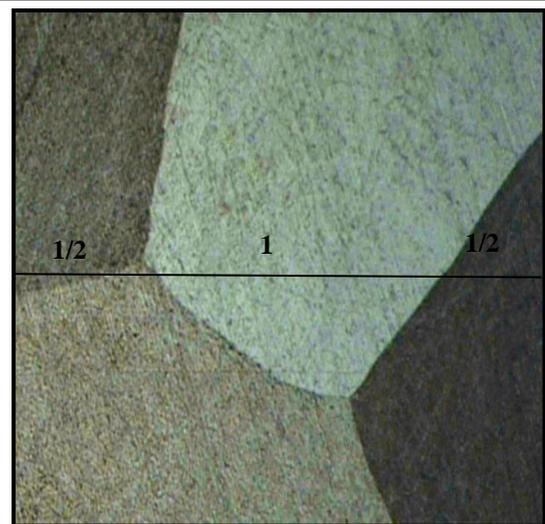
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	97
2	98
3	95
4	96
5	95
6	96.5
7	97
8	96
9	97
10	98
Dureza promedio	96.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.5 (HRB), con recocido a 700 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	--

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

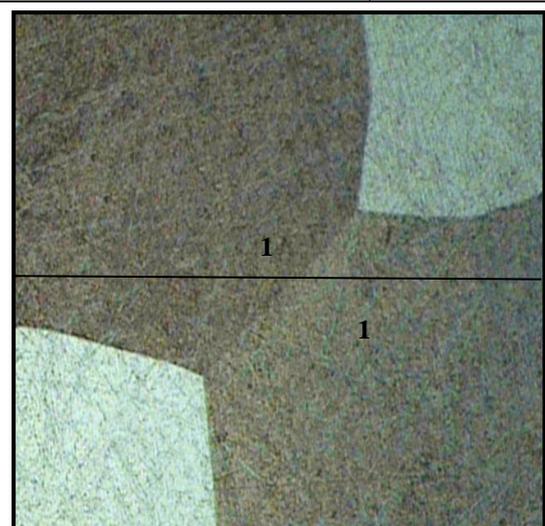
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
------------------	-----	-----------	----	-----------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	95.5
3	95
4	95
5	96.5
6	96.5
7	96
8	96
9	97
10	95
Dureza promedio	95.8



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.8 (HRB), con recocido a 700 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	--

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

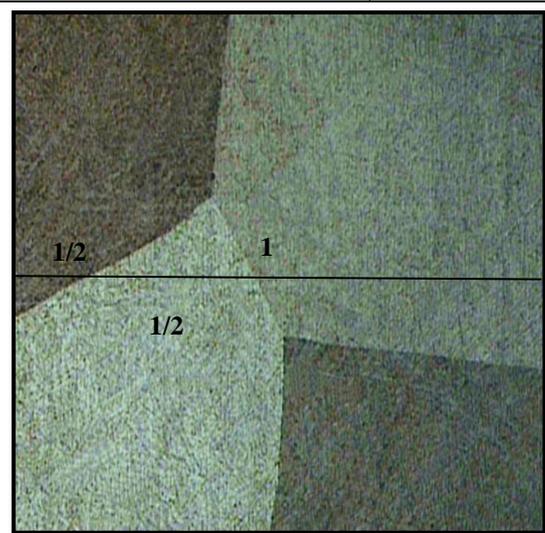
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1; el mismo que se encuentra con un tamaño de grano grande.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	2
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	2.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	93
2	95
3	95
4	96
5	94
6	95
7	94
8	96
9	96
10	94
Dureza promedio	94.8



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.8 (HRB), con recocido a 700 °C, por una hora.

4.1.2.3. Recocido a 700 °C por 3 horas.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	3	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	07/02/2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

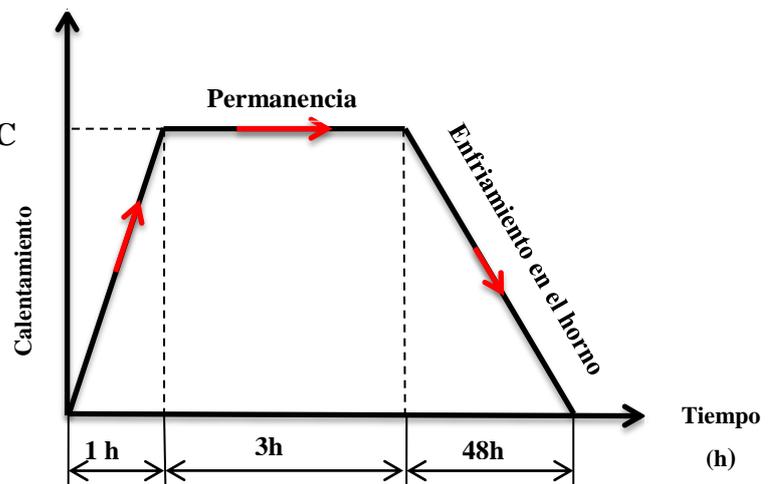
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	700 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	3 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLER REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al.
----------------	---



Temperatura °C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	3.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	10/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE TRES HORAS**



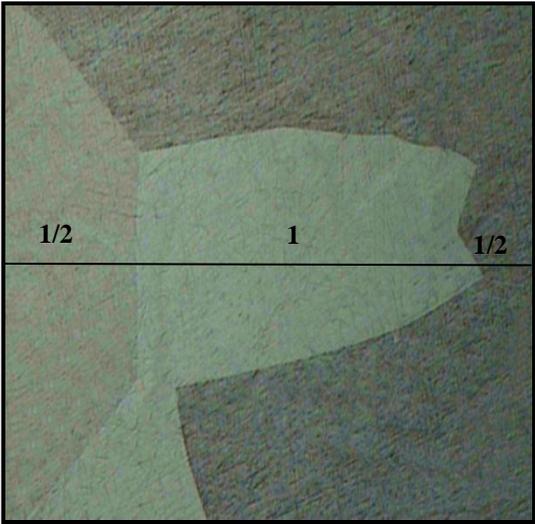
Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al.
Determinación del tamaño de grano:		Número del Lente óptico:	100x
Cálculo:			
$E = \frac{L}{n}$			
$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$			
ASTM:			
$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$		<p>Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl3, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO2, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>	
$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$			
Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	3.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	10/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95.5
2	96
3	96.5
4	97
5	96
6	95
7	96
8	95.5
9	94
10	95
Dureza promedio	95.6



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.6 (HRB), con recocido a 700 °C, por tres horas.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

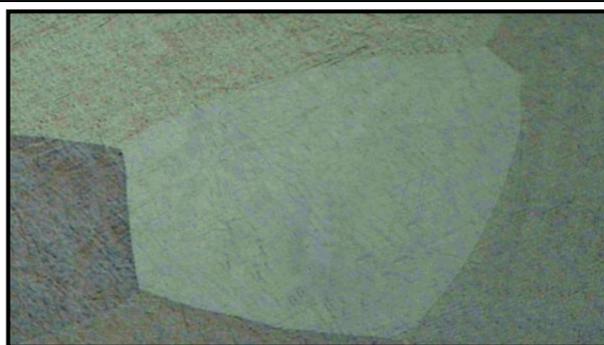
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE TRES HORA**



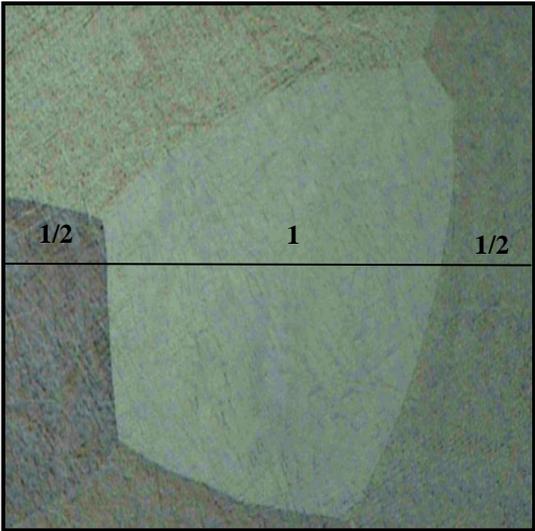
Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al.
Determinación del tamaño de grano:		Número del Lente óptico:	100x
Cálculo:		 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X</p>	
$E = \frac{L}{n}$			
$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$			
ASTM:			
$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$			
$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$			
Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	92.5
2	98
3	96.5
4	97
5	94
6	95.5
7	95.5
8	96
9	96.5
10	96
Dureza promedio	95.7



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.7 (HRB), con recocido a 700 °C, por tres horas



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE TRES HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

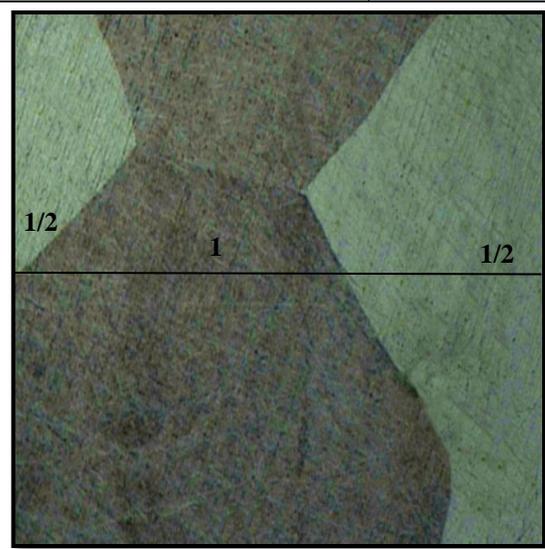
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	94
2	98
3	96
4	95
5	97
6	96.5
7	97
8	94
9	98
10	96
Dureza promedio	96.1



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.1 (HRB), con recocido a 700 °C, por tres horas



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



ENSAYO METALGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE TRES HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

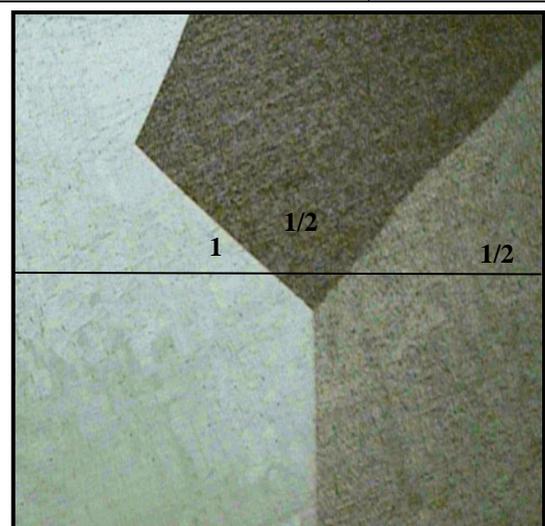
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	94
3	97
4	98
5	96.5
6	98
7	95
8	94
9	97
10	96
Dureza promedio	96.2



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.2 (HRB), con recocido a 700 °C, por tres horas



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

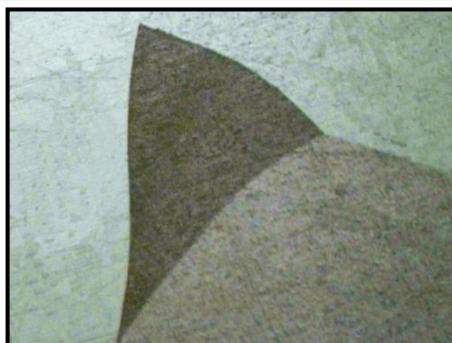
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE TRES HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

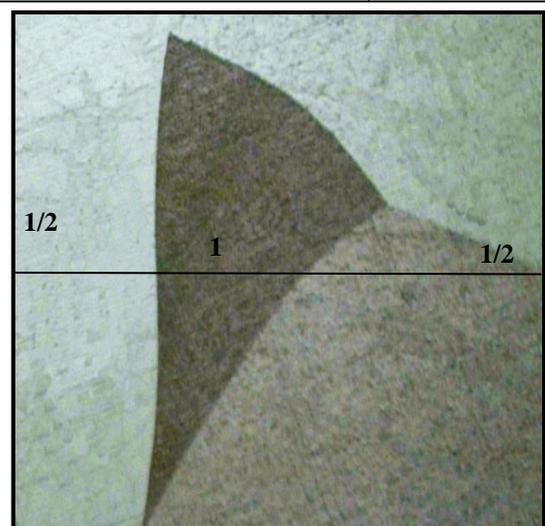
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2} = 225\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 3h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	3
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	3.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	12/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	94
2	95
3	93
4	96
5	95.5
6	96
7	93
8	94
9	95
10	95
Dureza promedio	94.6



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.6 (HRB), con recocido a 700 °C, por tres horas

4.1.2.4. Recocido a 700 °C por 5 horas.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	4	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	15/02/2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

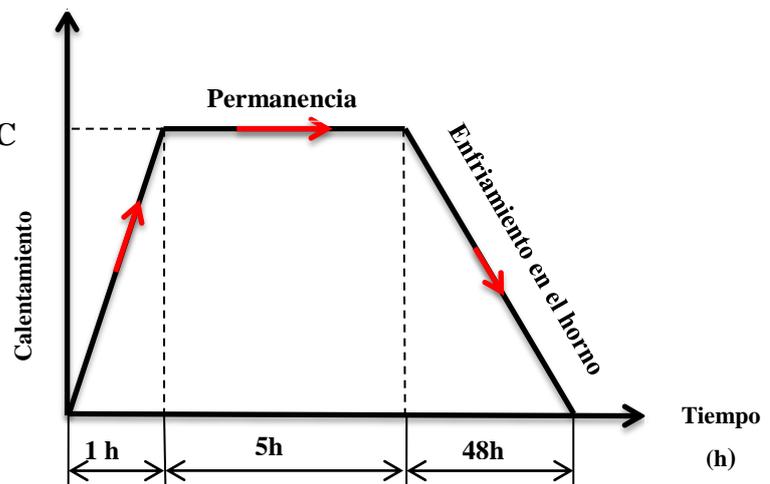
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Total	Temperatura de recocido:	700 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	5 H	Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento		
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla	Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al		
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLE REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al.
---------	--



Temperatura °C





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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	4.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	17/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

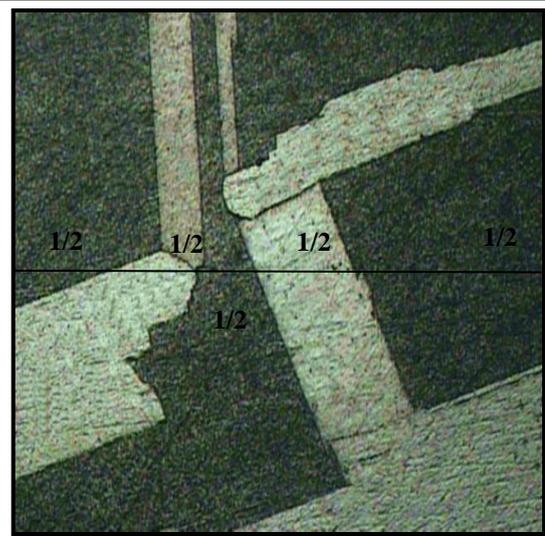
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES

Los granos comienzan a alargarse.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	4.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Conde diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	23
2	23
3	17
4	22
5	25
6	24
7	23
8	26
9	27
10	25
Dureza promedio	23.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 23.5 (HRA), con recocido a 700 °C, por cinco horas.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, RECOCIDO A 700 ° C DURANTE CINCO



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

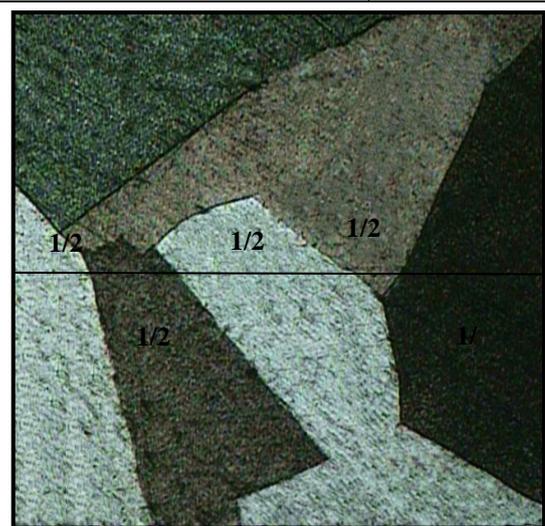
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	21
2	25
3	27
4	24
5	23
6	26
7	22
8	23
9	27
10	26
Dureza promedio	24.4



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 24.4 (HRA), con recocido a 700 °C, por cinco horas



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



ENSAYO METALGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

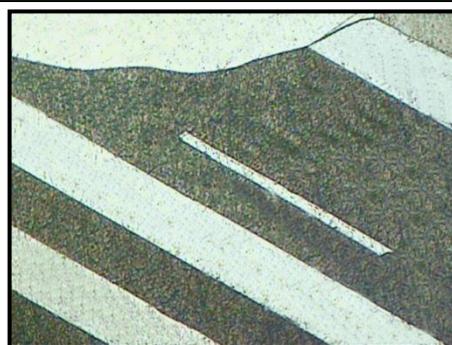
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE CINCO**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

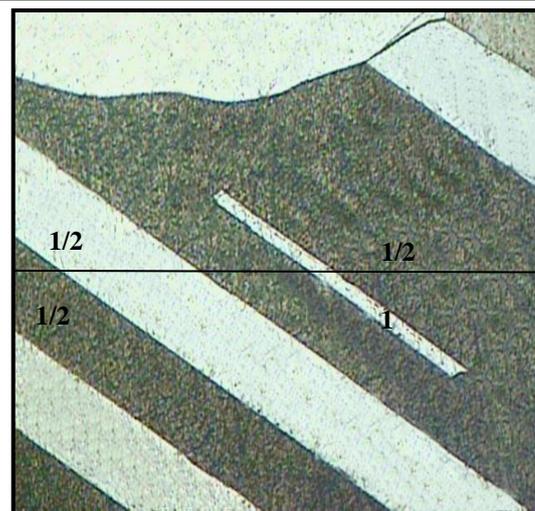
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
 recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
 segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	26
2	23
3	24
4	25
5	26
6	26
7	23
8	24
9	22
10	23
Dureza promedio	22.2



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 22.2 (HRA), con recocido a 700 °C, por cinco horas



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



ENSAYO METALGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE CINCO**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

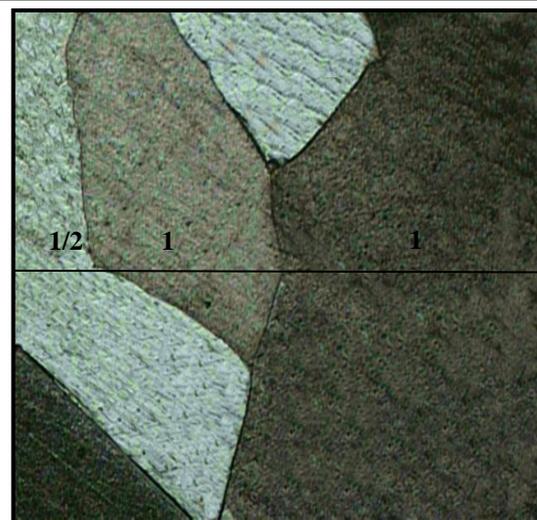
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
 recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
 segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	21
2	20
3	18
4	19
5	23
6	21
7	22
8	23
9	24
10	20
Dureza promedio	21.1



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 21.2 (HRA), con recocido a 700 °C, por cinco horas



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 700 ° C DURANTE CINCO**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al.
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

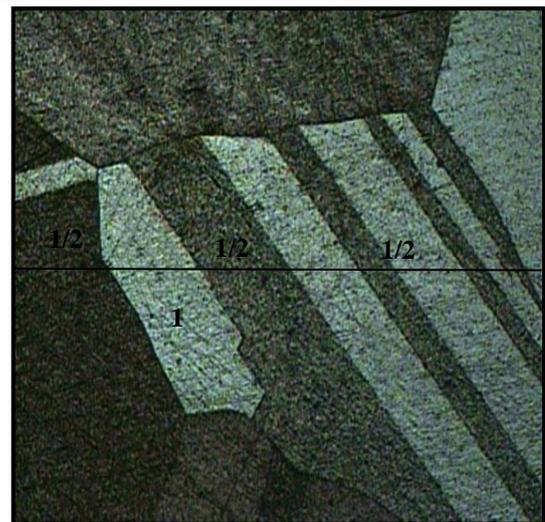
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71% Al,
recocida a 700 ° C, 5h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
segundos 100X

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 700 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	700 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	4
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	4.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	25/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	28
2	25
3	24
4	27
5	23
6	29
7	26
8	25
9	28
10	25
Dureza promedio	26



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 26 (HRA), con recocido a 700 °C, por cinco horas

4.1.2.5. Recocido a 800 °C por 1 hora.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	5	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	03/03/2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

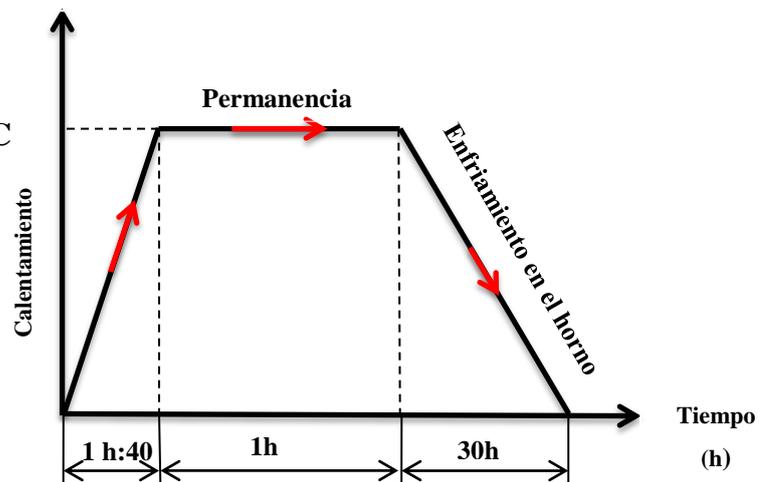
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	800 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	1 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLE REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al
----------------	--



Temperatura ° C





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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	5.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	05/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

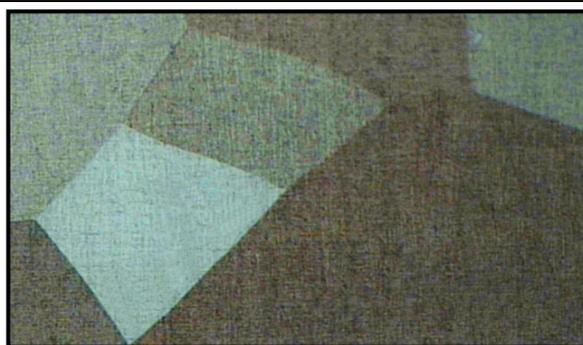
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn -6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

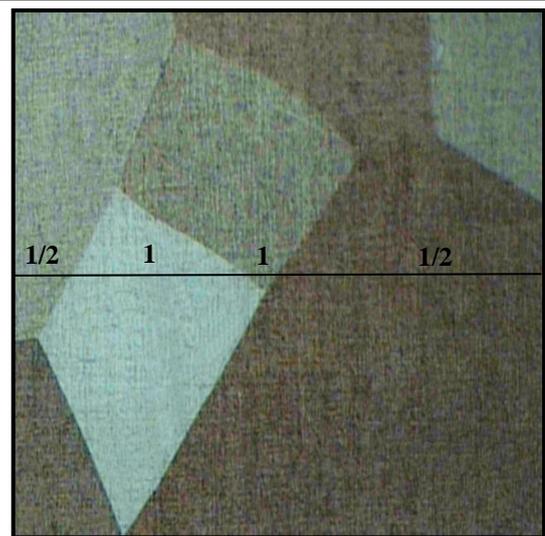
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{3} = 128.5 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(150/10) = 2.2$$


Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al,
recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo
químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	2.2 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	5.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	05/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96.5
2	95.5
3	96
4	96
5	96.5
6	94
7	94.5
8	96.5
9	94.5
10	96
Dureza promedio	95.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.5 (HRB), con recocido a 800 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

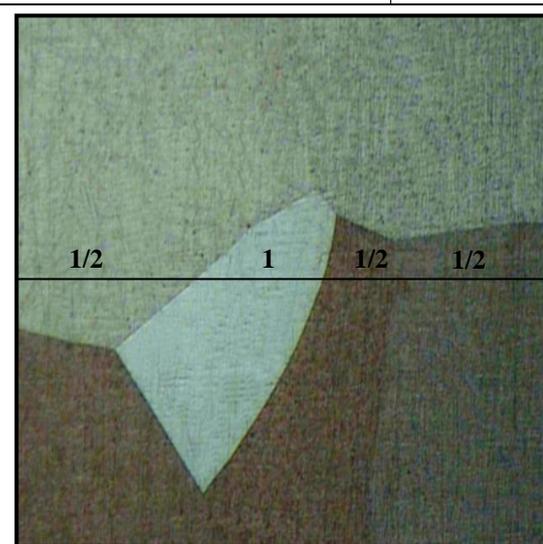
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
 recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95
2	96
3	93
4	94
5	94
6	95
7	96
8	95
9	93
10	94
Dureza promedio	94.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.5 (HRB), con recocido a 800 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



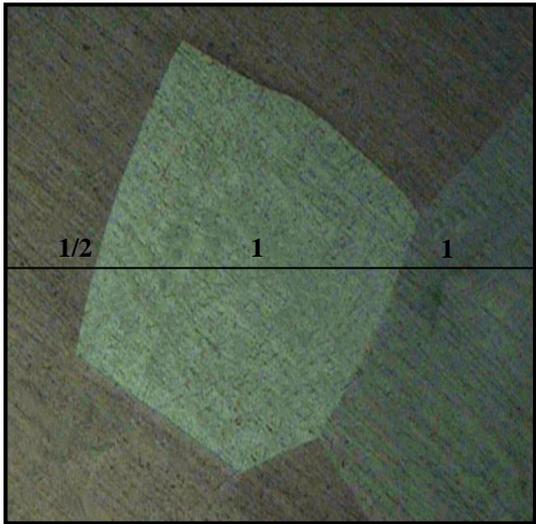
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180 \mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$ $G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$	 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>
---	--

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	93
2	94
3	95
4	94
5	94
6	92.5
7	95
8	95.5
9	96
10	94
Dureza promedio	94.3



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.3 (HRB), con recocido a 800 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

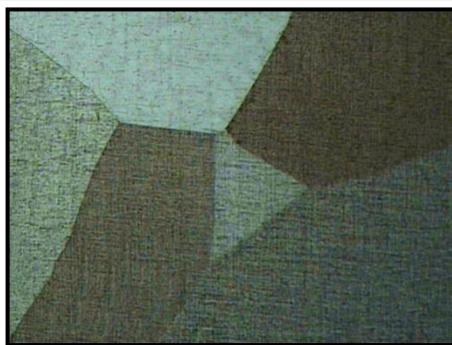
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



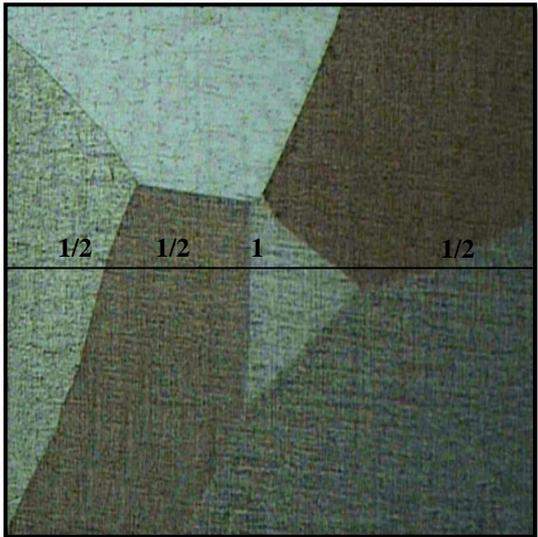
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2.5} = 180 \mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$ $G = 10 - 6.6439 \log(180/10) = 1.7$	 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7%Cu – 23. 4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>
---	---

Tamaño de grano ASTM:	1.7 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	97
3	95
4	96
5	98
6	95
7	97
8	95.5
9	95
10	96
Dureza promedio	96.05



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.05 (HRB), con recocido a 800 °C, por una hora.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/02/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

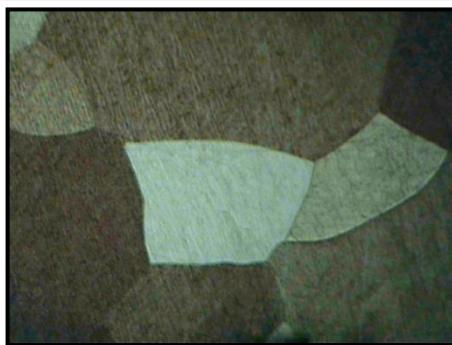
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

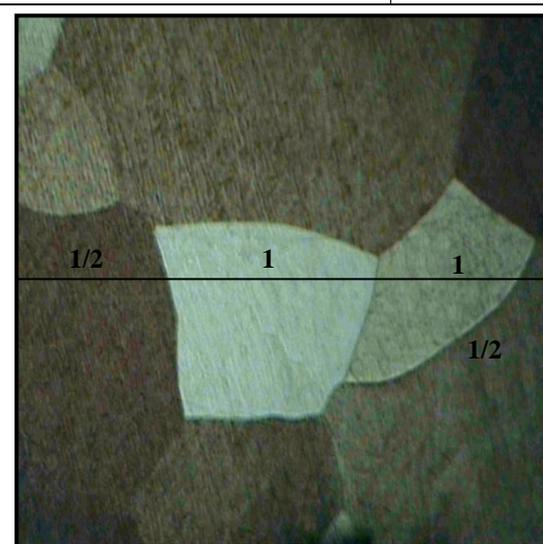
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{3} = 150 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(150/10) = 2.1$$


Aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al,
 recocida a 800 ° C, 1h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	2.1 \cong 2
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	5
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	5.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/03/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95
2	94
3	95
4	96
5	93
6	95
7	97
8	96
9	94
10	93
Dureza promedio	94.8



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.8 (HRB), con recocido a 800 °C, por una hora.

4.1.2.6. Recocido a 800 °C por 3 horas.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	6	Autorizado por:	Ing. Mg. S. Espín	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	14-04-2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

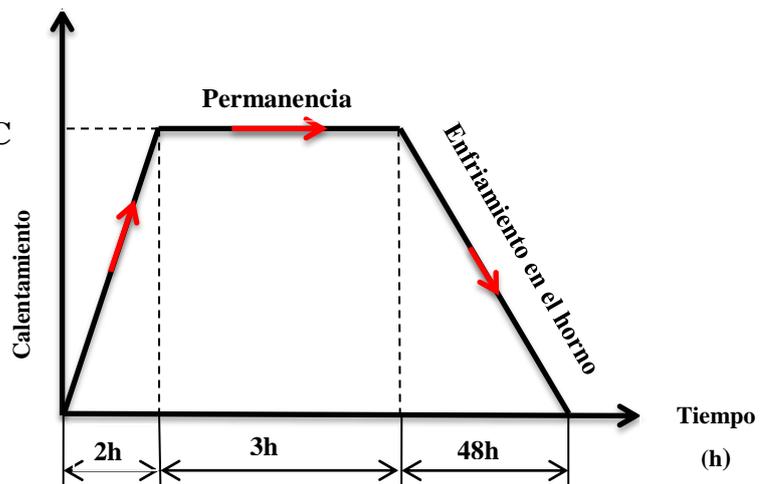
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	800 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	3 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLE REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	---



Temperatura °C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	6.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	18/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

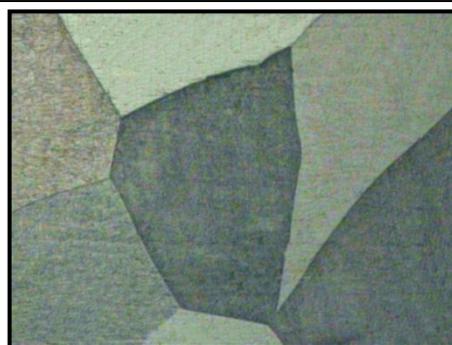
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C,3h atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

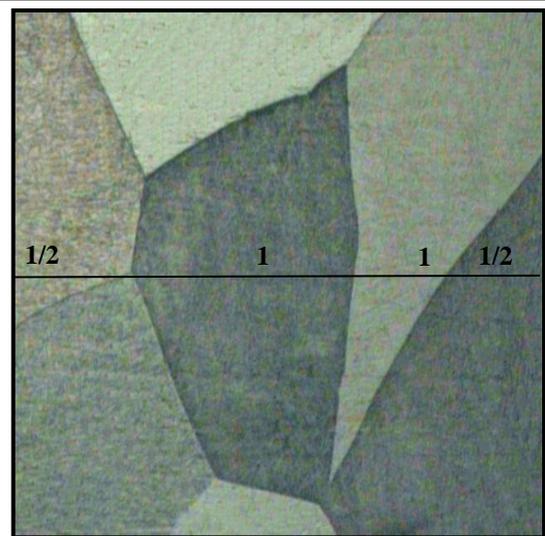
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{3} = 150 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{150}{10}\right) = 2.2$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
 recocida a 800 ° C,3h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	2.2 ≅
------------------------------	-------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante tres nos da un tamaño de grano, de grado 2.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	6.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	18/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96.5
2	95.5
3	96
4	96
5	96.5
6	94
7	94.5
8	96.5
9	94.5
10	96
Dureza promedio	95.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 95.5 (HRB), con recocido a 800 °C, por tres horas.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

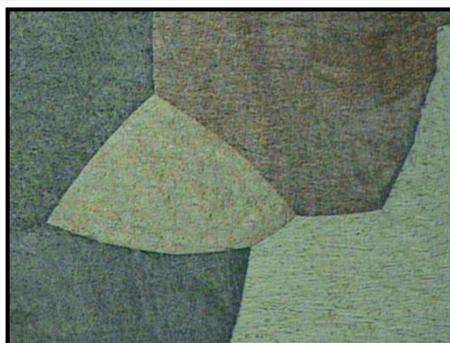
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



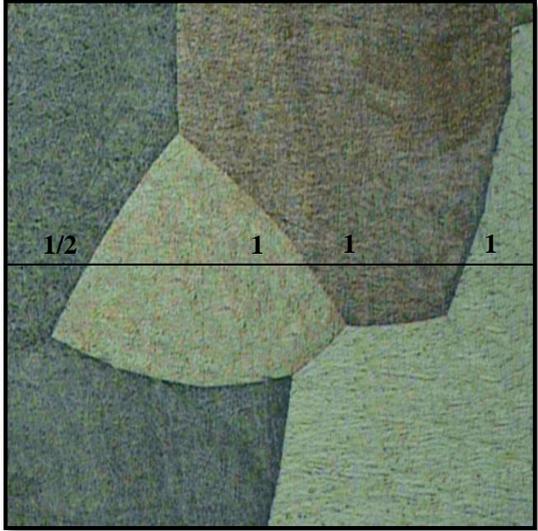
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{3.5} = 128.5\mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$ $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{128.5}{10}\right) = 2.63$	 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>
---	--

Tamaño de grano ASTM:	2.63 \cong 3
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 3.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	94
2	96
3	93
4	92.5
5	94
6	95
7	96
8	95
9	96
10	93
Dureza promedio	94.5



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.5 (HRB), con recocido a 800 °C, por tres horas.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

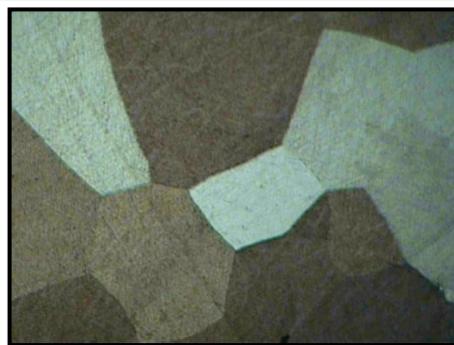
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu - 23.4% Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

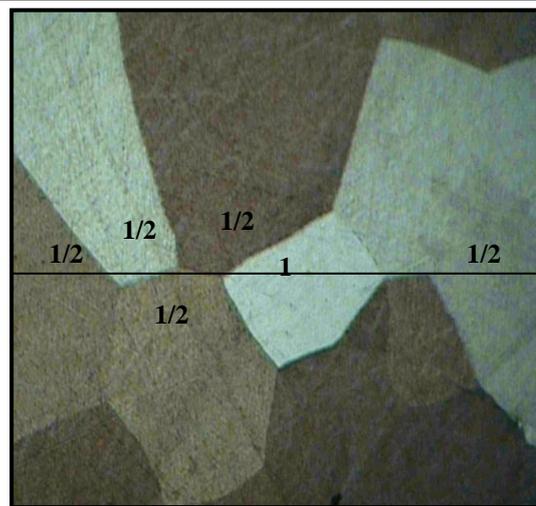
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{3.5} = 128.5\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{128.5}{10}\right) = 2.63$$


Aleación 69.7% Cu - 23.4% Zn - 6.71% Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	2.63 \cong 3
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 3.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	95
2	96.5
3	94.5
4	96
5	95
6	96
7	93
8	94
9	94
10	93
Dureza promedio	94.7



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.7 (HRB), con recocido a 800 °C, por tres horas.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

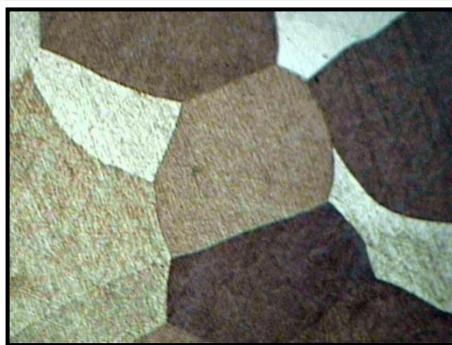
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

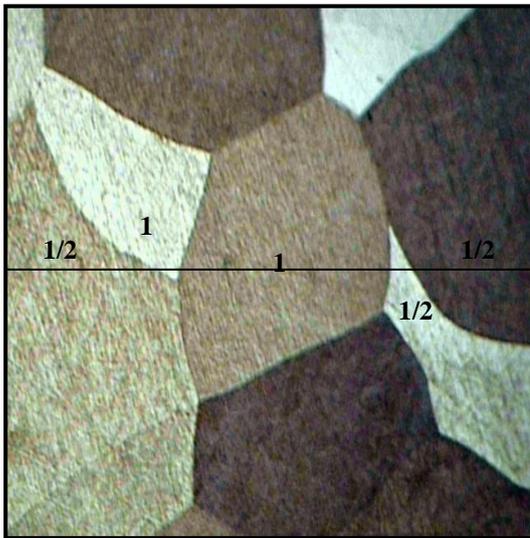
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{3.5} = 128.5\mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{128.5}{10}\right) = 2.63$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	2.63 \cong 3
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 3.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	98
2	94
3	97
4	96
5	98
6	96
7	94
8	97
9	98
10	96
Dureza promedio	96.4



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 96.4 (HRB), con recocido a 800 °C, por tres horas.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



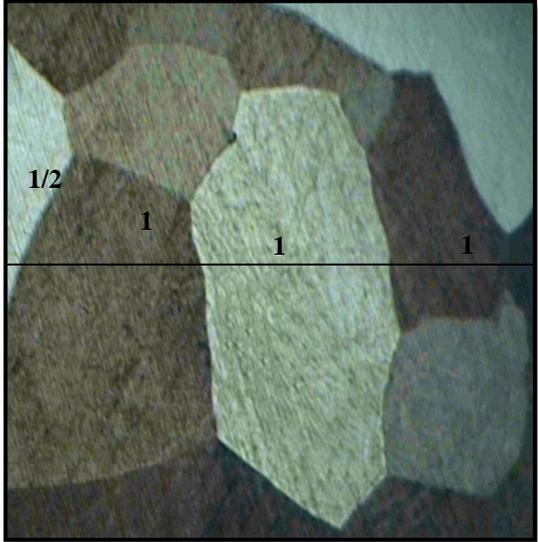
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7% Cu - 23.4% Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{3.5} = 128.5\mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$ $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{128.5}{10}\right) = 2.63$	 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7% Cu - 23.4% Zn - 6.71% Al, recocida a 800 ° C, 3h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>
---	---

Tamaño de grano ASTM:	2.63 \cong 3
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante tres horas, nos da un tamaño de grano, de grado 3.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	6
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	6.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/04/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	96
2	93
3	94
4	95
5	92.5
6	95
7	96.5
8	94
9	95
10	93
Dureza promedio	94.4



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 94.4 (HRB), con recocido a 800 °C, por tres horas.

4.1.2.7. Recocido a 800 °C por 5 horas.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	7	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	28-04-2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

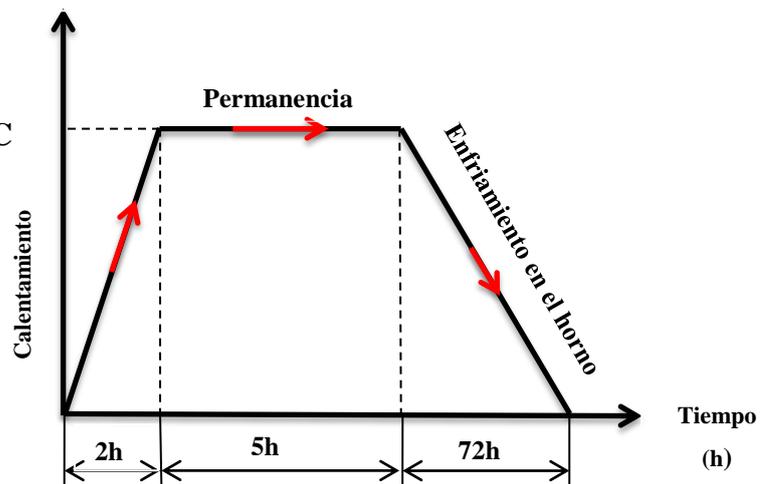
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	800 °C
Tiempo de permanencia en el horno:	5 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLER REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	---



Temperatura °C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	7.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	03/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

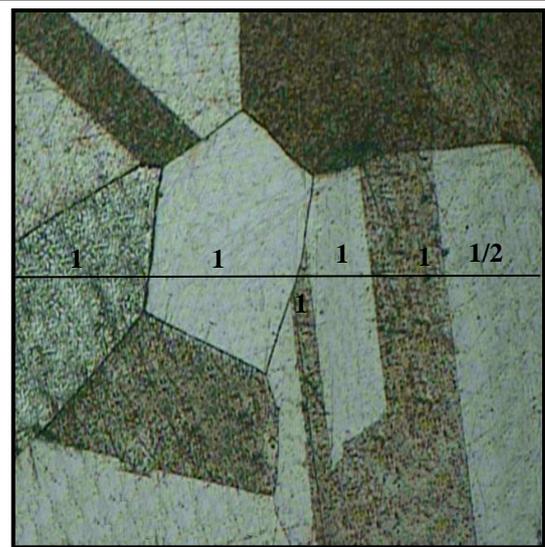
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{5.5} = 81.8 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(81.8/10) = 3.9$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
 recocida a 800 ° C,5h, atacado con reactivo
 químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de
 CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6
 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	3.9 \cong 4
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 4.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	7.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	05/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Esfera de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	8.5
2	8
3	11.5
4	9
5	9
6	10
7	8
8	11
9	11
10	10.4
Dureza promedio	10



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 10 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.

OBSERVACIONES

La dureza disminuyo notablemente ya que el material esta dúctil, y se podrá maquinar.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



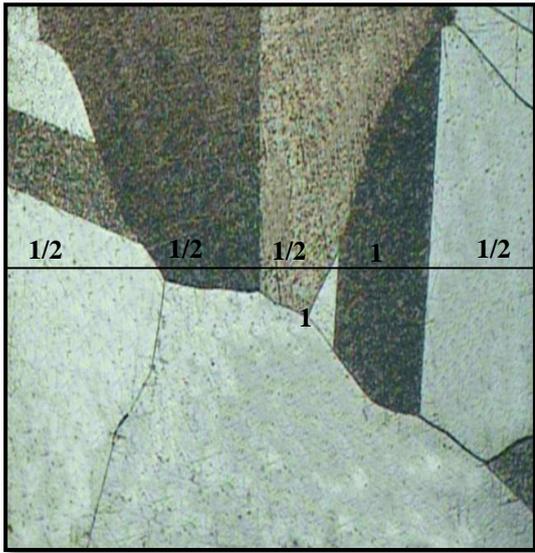
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{4} = 112.5 \mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$ $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{112.5}{10}\right) = 3.6$	 <p style="text-align: center;">Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.</p>
---	--

Tamaño de grano ASTM:	3.7 \cong 4
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 4.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	12
2	10
3	11
4	13
5	11
6	12
7	14
8	11.5
9	10.5
10	12
Dureza promedio	12



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 12 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.

OBSERVACIONES

La dureza disminuyo notablemente ya que el material esta dúctil, y se podrá maquinar.



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



ENSAYO METALOGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

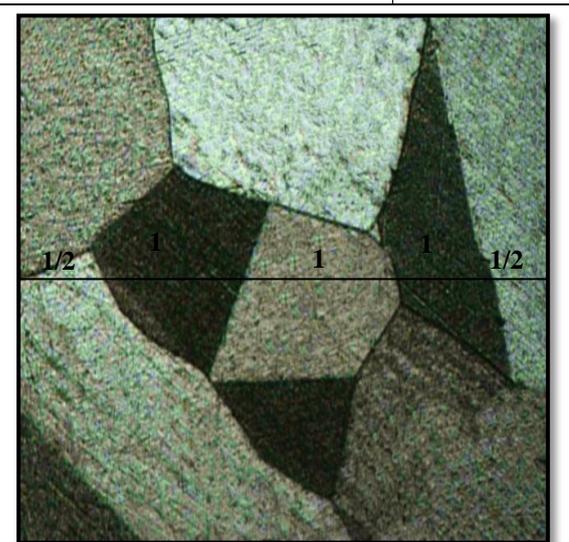
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{4} = 112.5 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{112.5}{10}\right) = 3.6$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	3.7 ≈ 4
------------------------------	---------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 4.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	13
2	11
3	11.5
4	13
5	15
6	13
7	14
8	14
9	15
10	14
Dureza promedio	13.4



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 13.4 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.

OBSERVACIONES

La dureza disminuyo notablemente ya que el material esta dúctil, y se podrá maquinar.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

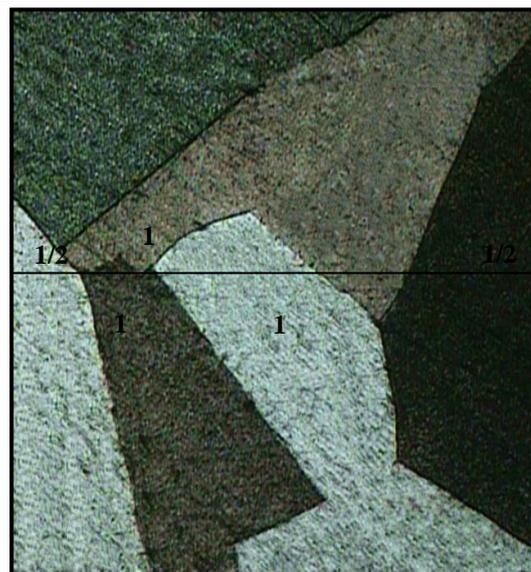
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{4} = 112.5 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{112.5}{10}\right) = 3.6$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM:	3.7 \cong 4
------------------------------	---------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 4.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	14
2	14
3	12.5
4	13
5	13.5
6	13
7	14
8	14.5
9	15.5
10	16
Dureza promedio	14



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 14 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.

OBSERVACIONES

La dureza disminuyo notablemente ya que el material esta dúctil, y se podrá maquinar.



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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	6 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 800 ° C DURANTE CINCO HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71% Al
----------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

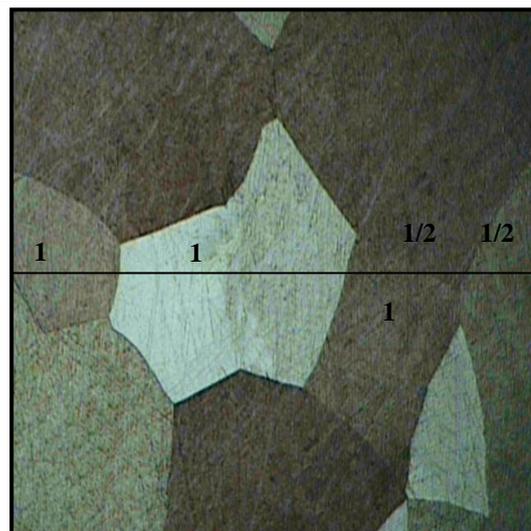
Cálculo:

$$E = \frac{L}{n}$$

$$E = \frac{450\mu m}{4} = 112.5 \mu m$$

ASTM:

$$G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$$

$$G = 10 - 6.6439 \log(112.5/10) = 3.6$$


Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 800 ° C, 5h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 6 segundos 100X.

Tamaño de grano ASTM: 3.7 \cong 4

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 800 ° C, durante cinco horas, nos da un tamaño de grano, de grado 4.

OBSERVACIONES

En la microestructura ya se puede observar granos completos.



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRA)	Tipo de penetrador:	Cono de diamante
Cantidad de carga aplicada:	588 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRA
1	12
2	14
3	11
4	12
5	13
6	15
7	14
8	12
9	15
10	13
Dureza promedio	13.1



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 13.1 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.

OBSERVACIONES

La dureza disminuyo notablemente ya que el material esta dúctil, y se podrá maquinar.

4.1.2.8. Recocido a 900 °C por 1 hora.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	8	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	19-05-2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

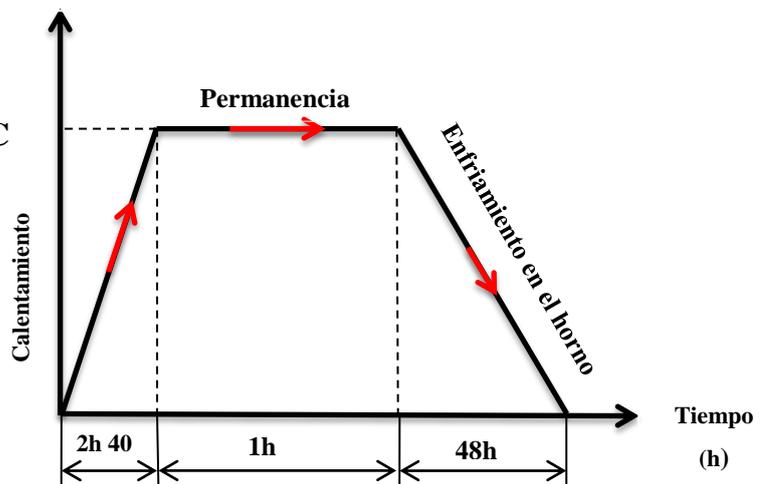
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	900 ° C
Tiempo de permanencia en el horno:	1 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLE REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	---



Temperatura ° C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	900 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	8
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	8.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	22/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

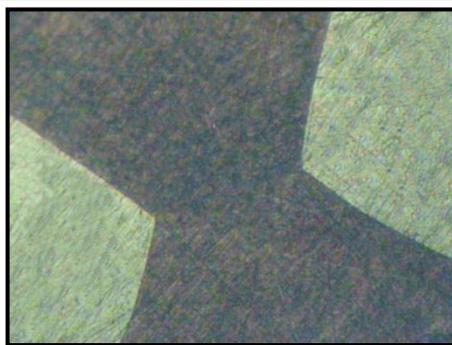
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 900 ° C DURANTE UNA HORA**



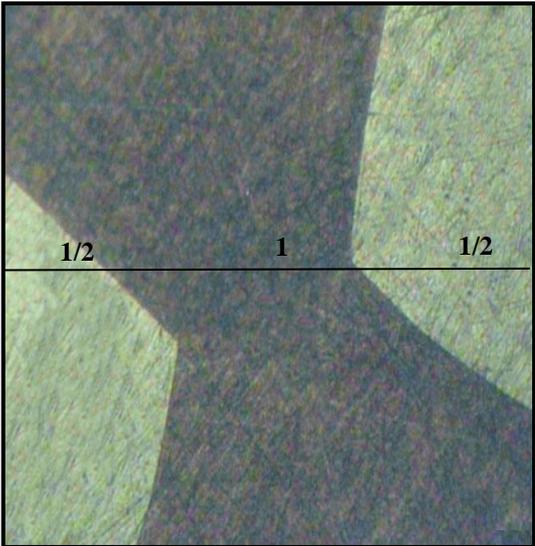
Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 900 ° C, 1h atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



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



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
Determinación del tamaño de grano:		Número del Lente óptico:	100x
<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2} = 225 \mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log(E/10)$ $G = 10 - 6.6439 \log(225/10) = 1.01$			
		<p>Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 900 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>	
Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 900 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	900 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	8
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	8.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	23/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRC
1	67.5
2	67
3	66
4	67.5
5	68
6	67.5
7	67
8	66
9	64
10	66
Dureza promedio	66.7



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 66.7 (HRB), con recocido a 900 °C, por una hora.

OBSERVACIONES

La dureza del material se elevó.



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



ENSAYO METALGRÁFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	900 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	8
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	8.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	22/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de materiales - FICM	
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO:

Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico		
Temperatura durante el pulido:	21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque:	3 seg

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 900 ° C DURANTE UNA HORA**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 820 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.



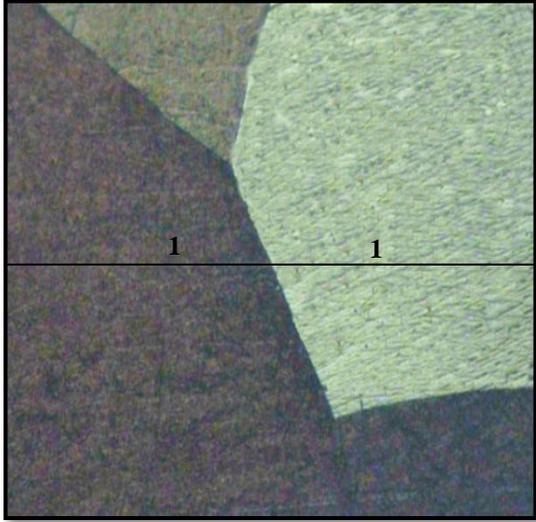
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA

Método:	ASTM E - 112	Microestructura:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	--------------	-------------------------	--------------------------------------

Determinación del tamaño de grano:	Número del Lente óptico:	100x
---	---------------------------------	------

<p style="text-align: center;">Cálculo:</p> $E = \frac{L}{n}$ $E = \frac{450\mu m}{2} = 225 \mu m$ <p>ASTM:</p> $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{E}{10}\right)$ $G = 10 - 6.6439 \log\left(\frac{225}{10}\right) = 1.01$	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 820 ° C, 1h, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl₃, 5 ml de HCl, 1 gr de CrO₂, y 100 ml de agua destilada) durante 3 segundos 100X.</p>
--	---

Tamaño de grano ASTM:	1.01 \cong 1
------------------------------	----------------

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Revisada la microestructura, con recocido a 900 ° C, durante una hora, nos da un tamaño de grano, de grado 1.

OBSERVACIONES

--



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



ENSAYO DE DUREZA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	900 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	1h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	8
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	8.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	23/05/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PROBETA:

Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"
-------------------------	-----	------------------	----	------------------	----

PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA

Método:	ROCKWELL B (HRB)	Tipo de penetrador:	Esfera de 1/16"
Cantidad de carga aplicada:	980 N	Tiempo de ensayo:	15 min"

RESULTADO:

No. MEDICIÓN	DUREZA HRB
1	66
2	63
3	65
4	67
5	68
6	66.5
7	67
8	64
9	65
10	66.5
Dureza promedio	65.8

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El valor de la dureza promedio es de 65.8 (HRB), con recocido a 900 °C, por una hora.

OBSERVACIONES

La dureza se elevó notablemente.

4.1.2.9. Recocido a 900 °C por 3 horas.



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



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS

Probeta N°	9	Autorizado por:	Ing. Mg. S. Espín	Realizado por:	Alex Rivera
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	13-06-2014

ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

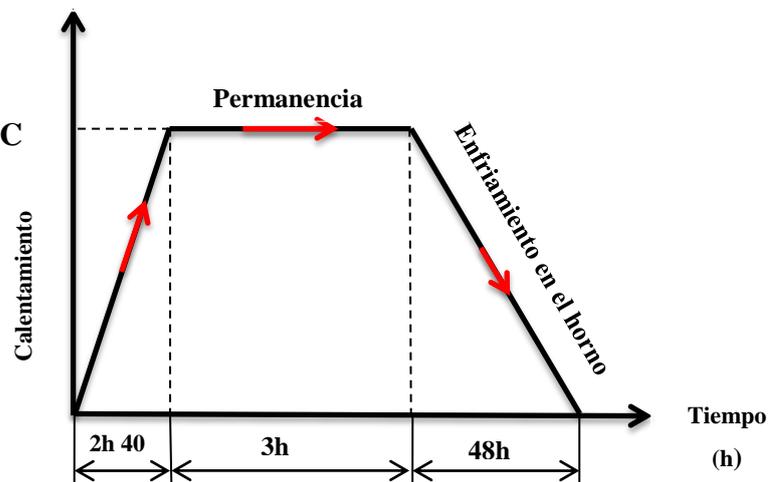
Tratamiento térmico:	Recocido	Tipo:	Integral	Temperatura de recocido:	900 ° C
Tiempo de permanencia en el horno:	3 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento	
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al	
Características:	Eje	Diámetro:	1"	Longitud:	1"

DATALLER REFERENCIAL

Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al
----------------	---



Temperatura ° C





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



ENSAYO METALOGRAFICO

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	900 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	3h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	De campo y laboratorio	Ensayo N°:	9
Identificación del componente de estudio:		Prueba :	9.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	16/06/2014
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de materiales - FICM		
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO:

Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA		
Temperatura ambiente:	19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante:	0,1 m/s		

RESULTADO:

**FOTOGRAFÍA DE LA PROBETA DE LA ALEACIÓN 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al,
RECOCIDO A 820 ° C DURANTE TRES HORAS**



Aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al, recocida a 900 ° C, 3h.

OBSERVACIONES

La aleación se fusiono por lo cual no se pudo realizar el análisis metalográfico.

4.1.3. Ensayo de tracción.

Para el ensayo de tracción se realizaron 3 muestras de cada uno de los casos especificados.

Se realizaron tres muestras de acuerdo a una consulta realizada al Ing. Aníbal Viñan docente de la ESPOSCH e integrante del Subcomité Técnico Referente a la norma INEN 109: Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.

El ensayo de tracción no se pudo realizar en las siguientes probetas:

Recocido a 700 ° C por 1h

Recocido a 700 ° C por 3h

Recocido a 700 ° C por 5h

Recocido a 800 ° C por 1h

Recocido a 900 ° C por 1h

Por presentar un tamaño de grano muy grande de acuerdo a la norma ASTM de grado 1 como se puede observar en la figura 4.1, lo que significa que el material es dúctil y frágil y presenta difícil arranque de viruta lo que hace que el material se fracture.



Figura. 4.1: Probeta con tamaño de grano 1.
Fuente: El Autor.

En el recocido 800 ° C por 3h no se pudo realizar el ensayo a tracción por que la probeta presenta poros, como se puede observar en la figura 4.2



Figura. 4.2: Probeta con poros.
Fuente: El Autor.

En el recocido 800°C por 5h si se pudo realizar el ensayo de tracción ya que tiene un tamaño de grano 4 y es de fácil arranque de viruta, y tiene un buen acabado superficial como se puede observar en la figura 4.3.



Figura. 4.3: Probeta sin poros.
Fuente: El Autor

4.1.4. Ensayo de tracción de las probetas recocidas a 800 °C por cinco horas de la aleación con memoria de forma 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al.



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

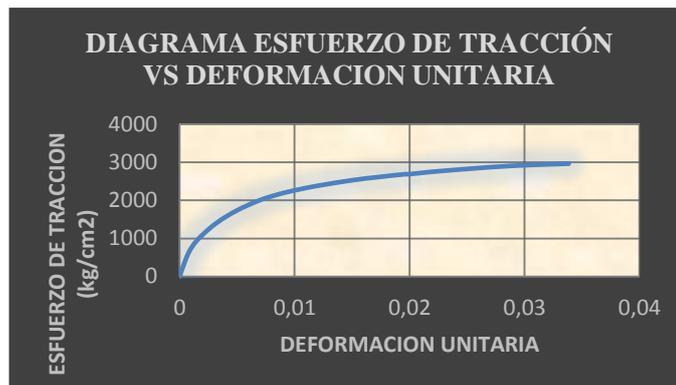


ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	

RESULTADOS:



RESULTADO DEL ENSAYO:

PROBETA

MUESTRA N°	1
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	12,7
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	1,267
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm ²)	6444,064
CARGA MAXIMA Kg	3750
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	29,603
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	5,880
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos



OBSERVACIONES:



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

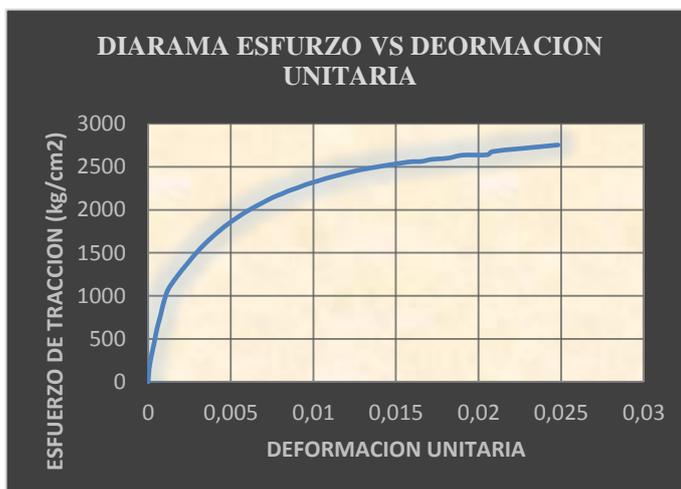


ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	

RESULTADOS:



RESULTADO DEL ENSAYO:

PROBETA

MUESTRA N°	2
CARACTERÍSTICA	Muestra Templada
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	1,29
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	1,307
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm²)	8476,439
CARGA MAXIMA Kg	3600
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm²)	27,544
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	5,951
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos



OBSERVACIONES:



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



ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	

RESULTADOS:



RESULTADO DEL ENSAYO:

PROBETA

MUESTRA N°	3
CARACTERÍSTICA	Muestra Templada
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	1,308
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	1,344
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm²)	8244,748
CARGA MAXIMA Kg	4450
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm²)	33,117
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	6,471
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos



OBSERVACIONES:



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



ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	

RESULTADOS:



RESULTADO DEL ENSAYO:

PROBETA

MUESTRA N°	4
CARACTERÍSTICA	Muestra Templada
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	1,29
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	1,307
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm²)	8526,44
CARGA MAXIMA Kg	3500
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm²)	25,544
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	5,01
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos



OBSERVACIONES:



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

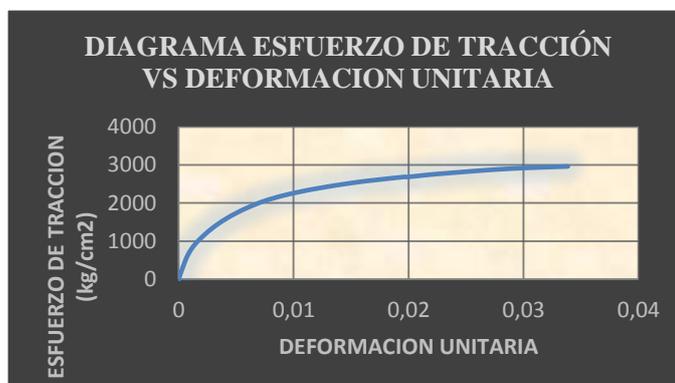


ENSAYO DE TRACCIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	

RESULTADOS:



RESULTADO DEL ENSAYO:

PROBETA

MUESTRA N°	0.5
CARACTERÍSTICA	Muestra Templada
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	12,7
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	1,25
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm²)	7058,448
CARGA MAXIMA Kg	5440
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm²)	34,20
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	6,8
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos



OBSERVACIONES:

4.1.5. Ensayo de fatiga rotatoria.

Para el ensayo de fatiga rotatoria se seleccionó las probetas con un grano pequeño y con menor dureza para que sea fácil de maquinarlo y no se fracture.

4.1.6. Ensayo de fatiga rotatoria en las probetas recocidas a 800°C por cinco horas de la aleación 69.7%Cu - 23.4%Zn - 6.71%Al.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA					
DATOS INFORMATIVOS:					
Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C		
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.1		
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014		
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales			
PROBETA					
					
RESULTADOS					
MUESTRA N°	1				
CARÁCTERÍSTICA	Muestra Recocida				
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al				
DIÁMETRO (mm)	7,6				
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	0,454				
CARGA MAXIMA (Kg)	2				
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm²)	0,478				
REVOLUCIONES (RPM)	12520				
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-04-39				
OBSERVACIONES					



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



ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.2
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales	

PROBETA



RESULTADOS

MUESTRA N°	2
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	7,7
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	0,466
CARGA MAXIMA (Kg)	2
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	0,478
REVOLUCIONES (RPM)	16784
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-04-57

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.3
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales	

PROBETA



RESULTADOS

MUESTRA N°	3
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	7,5
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	0,442
CARGA MAXIMA (Kg)	2
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	0,478
REVOLUCIONES (RPM)	12567
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-03-46

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.4
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales	

PROBETA



RESULTADOS

MUESTRA N°	4
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	7,69
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	0,464
CARGA MAXIMA (Kg)	2
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	0,478
REVOLUCIONES (RPM)	13159
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-04-56

OBSERVACIONES



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



ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA

DATOS INFORMATIVOS:

Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.5
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales	

PROBETA



RESULTADOS

MUESTRA N°	5
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al
DIÁMETRO (mm)	7,5
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	0,47
CARGA MAXIMA (Kg)	2
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	0,441
REVOLUCIONES (RPM)	15884
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-04-45

OBSERVACIONES

4.1.7. Ensayo de impacto

El ensayo de impacto no se pudo realizar en las siguientes probetas:

Recocido a 700 ° C por 1h

Recocido a 700 ° C por 3h

Recocido a 700 ° C por 5h

Recocido a 800 ° C por 1h

Recocido a 900 ° C por 1h

Por presentar un tamaño de grano muy grande de acuerdo a la norma ASTM de grado 1, lo que significa que el material al momento de realizar el impacto se rompa muy rápido.

En el recocido 800 ° C por 3h no se pudo realizar el ensayo de impacto por que la probeta presenta poros, como se puede observar en la figura 4.4.



Figura. 4.4: Probeta de ensayo de impacto con poros.

Fuente: El Autor.

En el recocido 800 ° C por 5h se pudo realizar el ensayo de impacto por que la probeta presenta un acabado superficial sin poros, como se puede observar en la figura 4.5

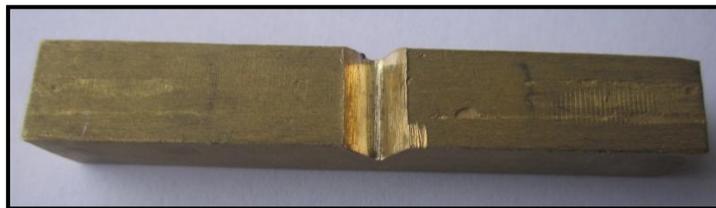
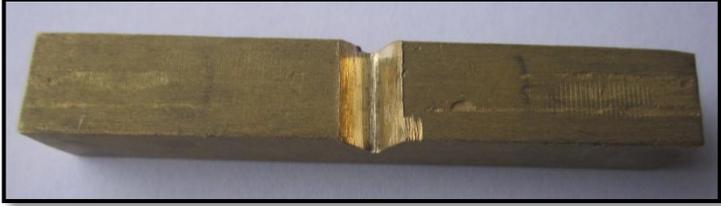


Figura. 4.5: Probeta de ensayo de impacto sin poros.

Fuente: El Autor.

4.1.8. Ensayo de impacto en la aleación inteligente con memoria de forma
69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																					
ENSAYO DE IMPACTO																							
DATOS INFORMATIVOS:																							
Tratamiento térmico:		Temple		Temperatura de tratamiento térmico: 850 ° C																			
Tiempo de tratamiento térmico:			1h	Medio de enfriamiento: Agua a -5 ° C																			
Método:	Impacto	Norma:	ASTM E-23		Ensayo N°: 0.1																		
solicitado por:		Alex Rivera		Fecha: 28/07/2014																			
Centro de Estudio y Análisis:			UTA		Laboratorio de materiales																		
PROBETA																							
																							
RESULTADOS																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>N° de probeta</th> <th>Energía de Impacto (Joules)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A1</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>A2</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>A3</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>A4</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>A5</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>			N°	N° de probeta	Energía de Impacto (Joules)	1	A1	25	2	A2	28	3	A3	26	4	A4	24	5	A5	22			
N°	N° de probeta	Energía de Impacto (Joules)																					
1	A1	25																					
2	A2	28																					
3	A3	26																					
4	A4	24																					
5	A5	22																					
OBSERVACIONES																							

4.1.9. Ensayo de verificación si la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, conserva sus propiedades de memoria de forma.

Para el ensayo nos basamos en la figura 4.6.

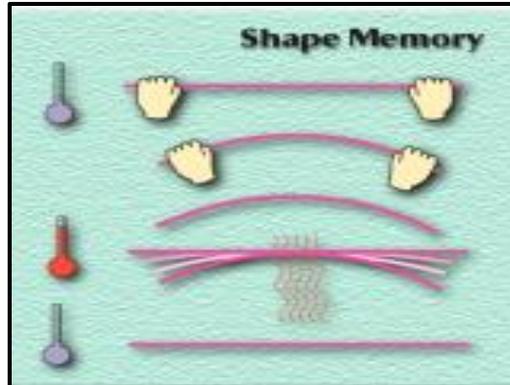


Figura. 4.6: Aleación con memoria de forma.

Fuente: Recuperado de: (<http://www.smartstructures.wikispaces.com/page/code/report1-samehalsayed>)

Procedimiento.

Para la demostración utilizamos láminas de (0.2 a 0.3) mm de espesor, para que puedan ser manipuladas o la deformarnos unos 90° y podemos hacer letras luego aplicamos calor hasta que regrese a su forma original.



Figura. 4.7: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin deformar.

Fuente: El Autor.



Figura. 4.8: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, deformado.

Fuente: El Autor.



Figura. 4.9: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, aplicando calor.
Fuente: El Autor.

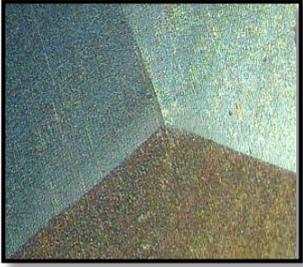
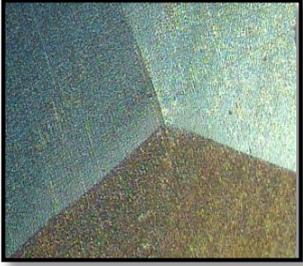
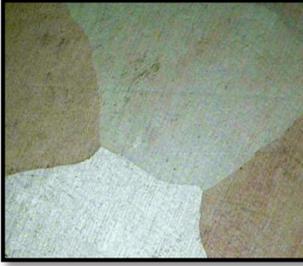
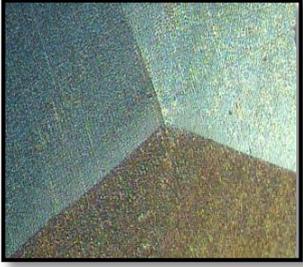
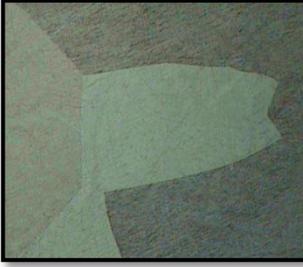
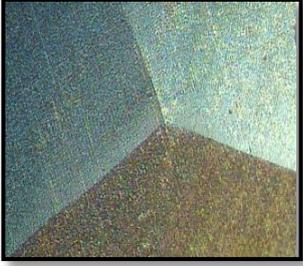


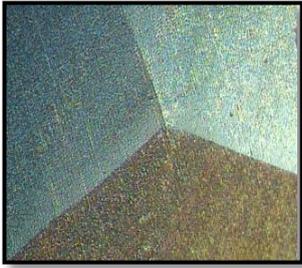
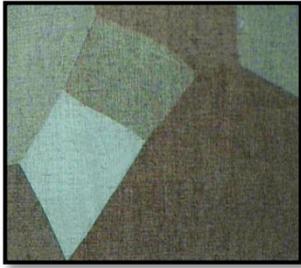
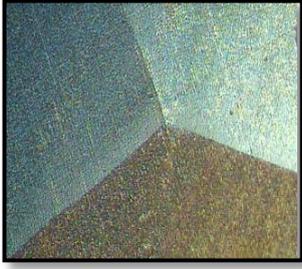
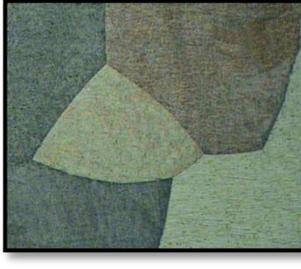
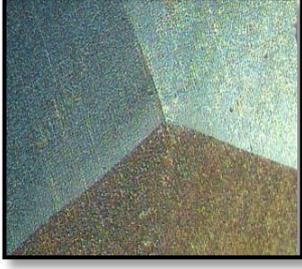
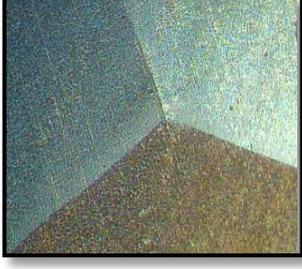
Figura. 4.10: Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, al aplicar calor no recupera forma inicial.
Fuente: El Autor.

El material pierde sus propiedades de material inteligente con memoria de forma.

4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Tabla 4.1: Resumen de análisis y pruebas de recocido a diferentes tiempos y temperaturas comparados con la microestructura original.

Temperatura de recocido	Tiempo de recocido	Microestructura de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico. 100X	Microestructura Recocida 100X	Tamaño de grano ASTM (G)
700°C	1/2h			1
700°C	1h			1
700°C	3h			1
700°C	5h			2

800°C	1h			2
800°C	3h			3
800°C	5h			4
900°C	1h			1
900°C	3h			

Fuente: El Autor.

La microestructura recocida a 800°C por 5h presento granos completos dándonos un tamaño de grano 4.

4.2.1. Interpretación de resultados del ensayo de tamaño de grano.

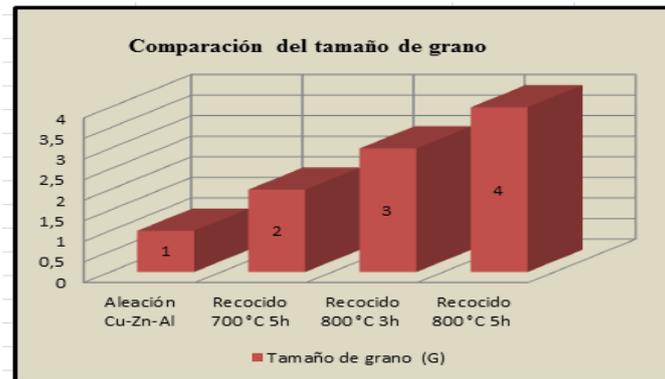


Figura. 4.11: Comparación del tamaño de grano a diferentes tiempos y temperaturas de recocidos a temperaturas, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.

Fuente: El Autor.

En la figura 4.11 se puede observar que el tamaño de grano crece a una temperatura de 800°C por 5h.

4.2.2. Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de dureza.

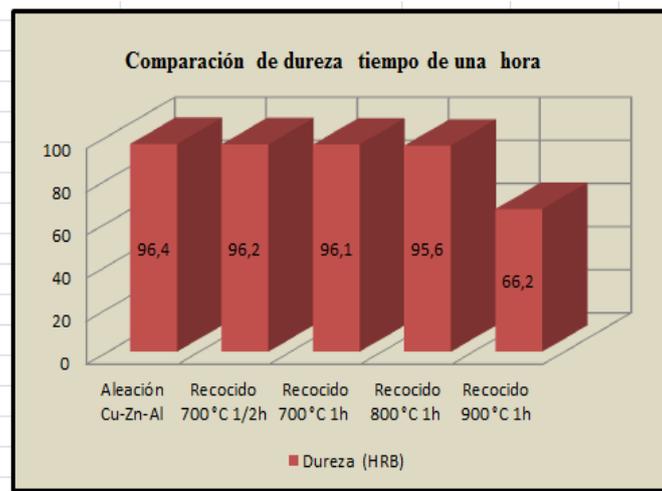


Figura. 4.12: Comparación de dureza a tiempo de una hora recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.

Fuente: El Autor.

En la figura 4.12 se puede observar que la dureza permanece casi igual al material de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin tratamiento térmico, solo en el último proceso de recocido disminuye.

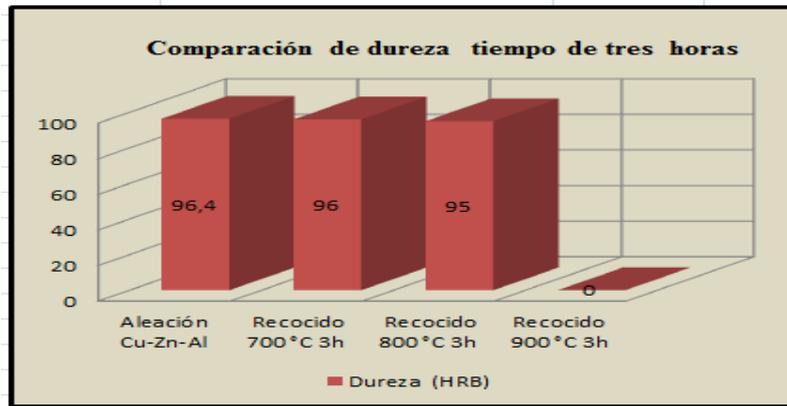


Figura. 4.13: Comparación de dureza a tiempo de tres horas recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C, respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al. Sin tratamiento térmico.
Fuente: El Autor.

En la figura 4.13 se puede observar que la dureza permanece casi igual al material de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin tratamiento térmico, solo en el último proceso de recocido el tiempo de permanencia fue muy alto lo que hizo que la probeta se funda.

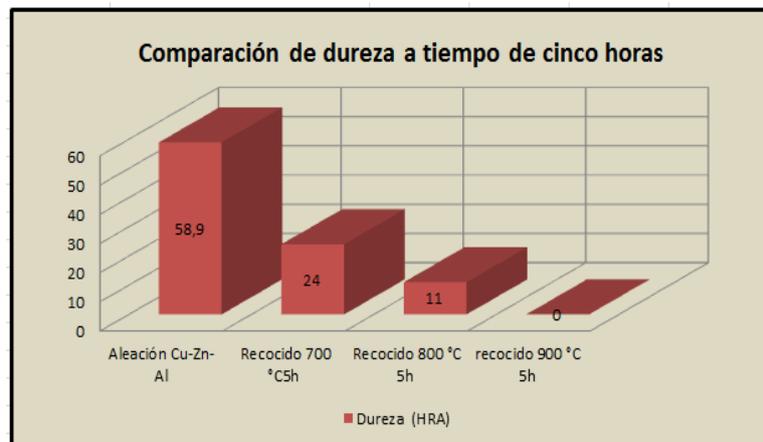


Figura. 4.14: Comparación de dureza a tiempo de cinco horas recocidos a temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C respecto a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, sin tratamiento térmico.
Fuente: El Autor.

En el gráfico se puede observar que la dureza ya cambio a Rockwell A (HRA), cumpliendo con nuestro objetivo el material tiene una dureza baja esto quiere decir a mayor tiempo de permanencia tenemos menor dureza, solo en el último proceso de recocido el tiempo de permanencia fue muy alto lo que hizo que la probeta se funda, por lo que tiene que tomarse en cuenta la temperatura y no pasar de los puntos de fusión.

4.2.3. Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de tracción recocidas a 800 °C, por 5 horas.

Tabla 4.2: Datos de probetas ensayadas a tracción.

N°	N° de probeta	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Porcentaje de Elongación (%)
1	A1	6444,064	5.8
2	A2	8476,439	5.9
3	A3	8424,748	6.4
4	A4	8526,44	5.01
5	A5	7058,448	6.8

Fuente: El Autor.

En la tabla N° 4.2 se puede observar el valor más alto del módulo de elasticidad es de la probeta A2, y el porcentaje más alto de elongación es de la probeta A5.

4.2.4. Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de fatiga rotatoria a 800 °C, por 5 horas.

Tabla 4.3: Datos de probetas ensayadas a fatiga rotatoria.

N°	N° de probeta	CARGA MAXIMA (Kg)	REVOLUCIONES (RPM) Ciclos de vida	TIEMPO DE VIDA (HORAS-MINUTOS-SEGUNDOS)
1	A1	2	12520	00-0.4-39
2	A2	2	16784	00-0.4-57
3	A3	2	12567	00-0.3-46
4	A4	2	13159	00-0.4-56
5	A5	2	15884	00-0.4-45

Fuente: El Autor.

En la tabla N° 4.3 se puede observar el que el número de ciclos que resiste el material es de 16784 ciclos es mayor que 10^3 según Shygly se considera como un material de alto ciclaje a fatiga.

4.2.5. Análisis de los datos obtenidos en el ensayo de impacto.

Tabla 4.4: Datos de probetas ensayadas a impacto.

N°	N° de probeta	Energía de Impacto (Joules)
1	A1	25
2	A2	28
3	A3	26
4	A4	24
5	A5	22

Fuente: El Autor.

En la tabla N° 4.4 indica que la energía de rotura de impacto de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, tiene un valor de 28 Joules.

4.2.6. Selección de parámetros de temperatura y tiempo para el proceso de recocido.

En primer lugar nos basamos en que proceso tenemos menor dureza y mayor tamaño de grano.

Seleccionando los parámetros para el proceso de recocido:

Los parámetros son:

Temperatura de recocido: 800°C

Tiempo de recocido: 5h

Tamaño de grano: 4

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la verificación de la hipótesis se consideró, la dureza, y tamaño de grano.

La aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, que tiene una dureza de 58.9 HRA, y presenta un tamaño de grano uno por lo que el material es muy frágil.

En el recocido a 700°C por cinco horas se obtuvo una disminución de dureza, pero un tamaño de grano de grado uno.

En el recocido a 800°C por cinco horas se obtuvo una disminución de dureza, y un tamaño de grano 4, con lo cual el material, ya es maquinable, y no es tan frágil por tener un tamaño de grano moderado.

La distribución del t-student se utiliza cuando la muestra es menor que 30 probetas, es decir en casos donde se trata de determinar, las medidas de dos muestras que son significativamente diferentes.

Aplicaremos la prueba del t-student ya que la muestra es menor que 30, para constatar la hipótesis de las medidas tomadas.

H₀ = El recocido en la aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.7%Al, mejorará las propiedades mecánicas.

H₁ = El recocido en la aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.7%Al, no mejorará las propiedades mecánicas.

4.3.1. Dureza de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 700°C por cinco horas.

H₀; u_d < 58.9 HRA existe variación de dureza

H₁; u_d = 58.9 HRA no existe variación de dureza

Ensayo de dureza recocido a 700°C por cinco horas.		
No. MEDICIÓN (n)	DUREZA (X _i)	(X _i - \bar{X}) ²
1	23	0.25
2	23	0.25
3	17	42.25
4	22	2.25
5	25	2.25
6	24	0.25
7	23	0.25
8	26	6.25
9	27	12.5
10	25	2.25
Sumatorias	235	68.75
\bar{X}	23.5	

Calculo de la varianza.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

S = varianza

X_i = valor de la medición

\bar{X} = valor promedio

n = número de mediciones

n - 1 = grados de libertad

α = significancia

t = intervalo

u = valor de la dureza

Grados de libertad:

$$n - 1 = 10 - 1 = 9$$

Varianza

$$S^2 = \frac{68.75}{10-1} = 7.63$$

$$s = \sqrt{7.63}$$

$$s = 2.76$$

Calculo del intervalo

$$t = \frac{\bar{X} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{23.5 - 58.9}{\frac{2.76}{\sqrt{10}}}$$

$$t = -40.6$$

Para el valor de la **significancia** procedemos al **anexo 6** (valores críticos de la distribución t student)

α = 0.05 que es al 95% de confianza

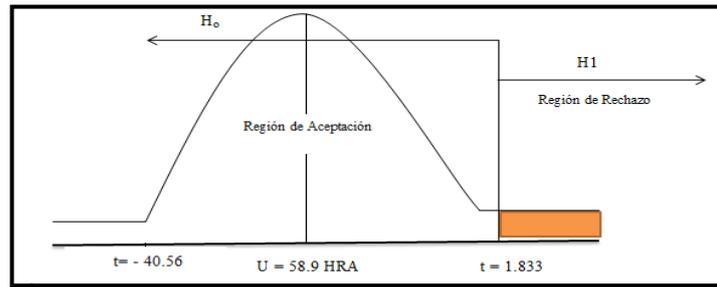
Con valor de grados de libertad que es 9, entramos a la tabla anexo 6 y leemos a un α = 0.05 que nos da un valor de 1.833

Regla de decisión

Si $t < 1.833$ no se rechaza H_0

Si $t \geq 1.833$ se rechaza H_0

Gráfica.



Justificación

Como $-40.56 < 1.833$ no se rechaza la H_0 y se concluye con un nivel de significancia de 0.05 que con la variación de la temperatura y tiempo de recocido, cambia la dureza.

4.3.2. Dureza de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 800°C por cinco horas.

H_0 ; $u_d < 58.9$ HRA existe variación de dureza

H_1 ; $u_d = 58.9$ HRA existe variación de dureza

Ensayo de dureza recocido a 700°C por cinco horas.		
No. MEDICIÓN (n)	DUREZA (X_i)	$(X_i - \bar{X})^2$
1	12	0.09
2	10	2.89
3	11	1
4	13	9
5	11	1
6	12	0.09
7	14	16
8	11.5	0.04
9	10.5	1.44
10	12	0.09
Sumatorias	117	31.68
\bar{X}	11.7	

Calculo de la varianza.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

S = varianza

X_i = valor de la medición

\bar{X} = valor promedio

n = número de mediciones

n - 1 = grados de libertad

α = significancia

t = intervalo

u = valor de la dureza

Grados de libertad:

$$n - 1 = 10 - 1 = 9$$

Varianza

$$S^2 = \frac{31.68}{10 - 1} = 3.52$$

$$s = \sqrt{3.52}$$

$$s = 1.87$$

Calculo del intervalo

$$t = \frac{\bar{X} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{11.7 - 58.9}{\frac{1.87}{\sqrt{10}}}$$

$$t = -79.82$$

Para el valor de la **significancia** procedemos al **anexo 6** (valores críticos de la distribución t student)

$\alpha = 0.05$ que es al 95% de confianza

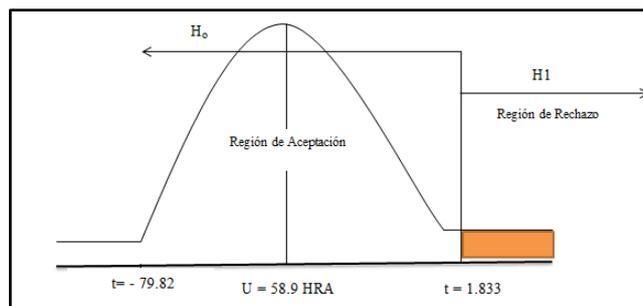
Con valor de grados de libertad que es 9, entramos a la tabla anexo 6 y leemos a un $\alpha = 0.05$ que nos da un valor de 1.833

Regla de decisión

Si $t < 1.833$ no se rechaza H_0

Si $t \geq 1.833$ se rechaza H_0

Gráfica.



Justificación

Como $-79.86 < 1.833$ no se rechaza la H_0 y se concluye con un nivel de significancia de 0.05 que con la variación de la temperatura y tiempo de recocido, cambia la dureza.

4.3.3. Tamaño de grano de la aleación con tratamiento térmico de recocido a 800°C por cinco horas.

H₀; U_G > 1 existe aumento de granos

H₁; U_G = 1 no existe aumento de granos

Ensayo de tamaño de grano recocido a 800°C por cinco horas.		
No. MEDICIÓN	DUREZA (X _i)	(X _i - \bar{X}) ²
1	3.7	0.0009
2	4.0	0.0729
3	3.6	0.0169
4	3.5	0.0529
5	4.0	0.0729
6	3.5	0.0529
7	3.7	0.0009
8	3.6	0.0169
9	4.0	0.0729
10	3.7	0.0009
Sumatorias	37.3	0.361
\bar{X}	3.73	

Calculo de la varianza.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

S = varianza

X_i = valor de la medición

\bar{X} = valor promedio

N = número de mediciones

n - 1 = grados de libertad

α = significancia

t = intervalo

u = valor del tamaño de grano

Grados de libertad:

$$n - 1 = 10 - 1 = 9$$

Varianza

$$s^2 = \frac{0.361}{10 - 1} = 0.040$$

$$s = \sqrt{0.040}$$

$$s = 0.2$$

Calculo del intervalo

$$t = \frac{\bar{X} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{3.73 - 1}{\frac{0.2}{\sqrt{10}}}$$

$$t = 43.16$$

Para el valor de la **significancia** procedemos al **anexo 6** (valores críticos de la distribución t student)

$\alpha = 0.05$ que es al 95% de confianza

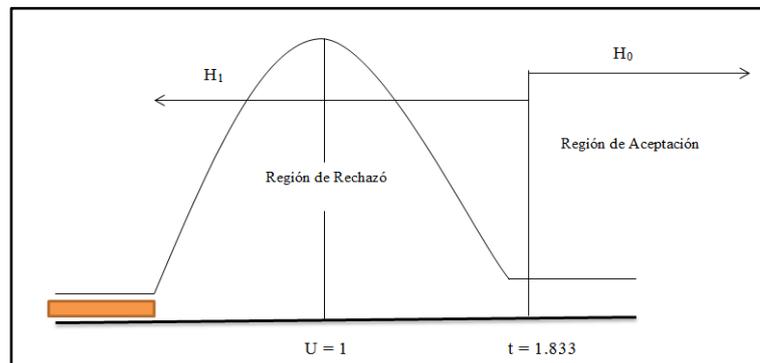
Con valor de grados de libertad que es 9, entramos a la tabla anexo 6 y leemos a un $\alpha = 0.05$ que nos da un valor de 1.833

Regla de decisión

Si $t > 1.833$ se acepta H_0

Si $t \leq 1.833$ no se acepta H_0

Gráfica.



Justificación

Como 43.16 es > 1.833 se acepta la H_0 y se concluye con un nivel de significancia de 0.05 que con la variación de la temperatura y tiempo de recocido, cambia el tamaño de grano.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- Los principales parámetros que intervienen en el tratamiento térmico de recocido en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, son la temperatura de calentamiento y tiempo de permanencia y medio de enfriamiento (horno de mufla).
- En el proceso de recocido de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, a temperatura de recocido a 700°C, y tiempo de permanencia de una hora, el crecimiento de grano es bastante lento por lo que se pudo observar la aparición de granos incompletos y demasiados grandes.
- En el recocido en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, el crecimiento de grano aumenta y la dureza disminuyó cuando elevamos la temperatura a 800°C con un tiempo de permanencia de 5 horas.
- La temperatura adecuada para el proceso de recocido fue de 800°C a un tiempo de permanencia de 5 horas, el medio de enfriamiento fue el horno de mufla hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Al aplicar el recocido a una temperatura de 800°C con un tiempo de permanencia de 5 horas en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, la dureza del material disminuyó notablemente a 12 Rowell A (HRA), por lo cual el material se volvió más maquinable.
- El tamaño de grano de acuerdo a la norma ASTM, se encontró que al realizar el recocido de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, a una temperatura de calentamiento de 800°C por cinco horas, en la cual se obtuvo un tamaño de grano de grado 4 aproximadamente, la misma que es más dúctil.

- En la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, al aplicar el recocido a una temperatura de 800° C con un tiempo de permanencia de cinco horas se afina el grano.
- En la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, al aplicar el recocido a temperatura de 700° C, con tiempos de permanencia de 1h, 3h, 5h, la aleación no pierde sus propiedades de memoria de forma pero presenta una estructura frágil.
- En la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, al aplicar el recocido a temperatura de 800° C, con tiempos de permanencia de 1h, 3h, 5h, la aleación pierde sus propiedades de memoria de forma.
- El punto de fusión de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, depende principalmente de su contenido en zinc.
- Si la temperatura de permanencia del recocido es demasiado alta, en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, las partículas tienden a engrosar o disolverse provocando el crecimiento descontrolado y anormal del grano.
- Si la temperatura de calentamiento en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, es superior al punto de fusión del zinc, el material se funde.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Usar equipo de protección al momento de realizar el recocido con el fin de evitar quemaduras.
- Antes de hacer un recocido revisar que el horno este en perfecto funcionamiento.
- Revisar que la termocupla del horno este dando la lectura real de temperatura, porque puede estar desconectada o defectuosa.
- Poner las probetas en el horno pulidas porque después del recocido el material se vuelve más blando por lo que se tiende hacer más rayas.

- Para el proceso de lijado final pasar en las lijas de granulometría de: 1500, 2000 facilitan mucho su proceso de lijado haciendo perder las rayas.
- En el proceso pulido se recomienda utilizar alúmina de 0.3 micras.
- Al momento de realizar el ataque químico utilizar todas las normas de seguridad.
- Estar pendiente del horno al momento que alcanza su temperatura de calentamiento de recocido, para tomar el tiempo de permanencia.
- Seleccionar el correcto reactivo para realizar el ataque químico.
- Utilizar guantes y pinzas para retirar las probetas del horno de mufla, para evitar quemaduras.
- Al realizar el ataque químico del ensayo metalográfico tener cuidado de no quemar la superficie de la probeta pues no podría determinar su microestructura.
- Las probetas para el ensayo metalográfico deben estar bien planas pues una inclinación hace notar zonas claras y oscuras.
- Antes de realizar la medición de dureza de las probetas revisar que el durómetro este calibrado de acuerdo a la dureza que se va a medir.
- No dejar la puerta del horno de mufla totalmente abierta después de realizar el tratamiento térmico ya que el flujo de aire puede causar fisuras en las paredes del horno.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA.

Elaboración de un Procedimiento de Tratamiento Térmico de Recocido, Aplicado a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, para mejorar sus propiedades Mecánicas.

6.1. DATOS INFORMATIVOS.

En nuestro país no existen estudios sobre los tratamientos térmicos de recocido, en aleaciones de cobre como es la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, por esta razón se realiza la investigación ya que con este tratamiento térmico se logró mejorar sus propiedades mecánicas, como es la disminución de la dureza, afinar el grano y mejorar su maquinabilidad. Una vez analizado el tratamiento térmico de recocido en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, se determinó que los parámetros para el recocido son: la temperatura de recocido a la cual se debe realizar el tratamiento térmico es de 800°C con cinco horas de permanencia y un enfriamiento lento en el horno de mufla, obteniendo un material más blando y maquinable.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

En el departamento de Ciencia en Ingeniería Metalúrgica del Instituto Politécnico Nacional, de México, (Julio 2011). Juan César Farías Aguilar, realizo un tema similar denominado: Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas del estuche de latón 70/30 empleado en cartuchería militar.

6.3. JUSTIFICACIÓN.

Los ensayos realizados en la investigación se variaron los parámetros como son las temperaturas y tiempos para implementar un procedimiento de tratamiento

térmico de recocido, aplicado a la aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, para mejorar sus propiedades mecánicas, como afinar el grano, disminuir la dureza y mejorar la maquinabilidad.

6.4. OBJETIVOS.

6.4.1.1. Objetivo General.

- Elaborar un procedimiento para el tratamiento térmico de recocido aplicado a la aleación 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al, para mejorar sus propiedades mecánicas.

6.4.1.2. Objetivos Específicos.

- Calcular el zinc equivalente de la aleación 69.7%Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
- Determinar los parámetros de recocido con el porcentaje de zinc equivalente en el diagrama cobre zinc.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

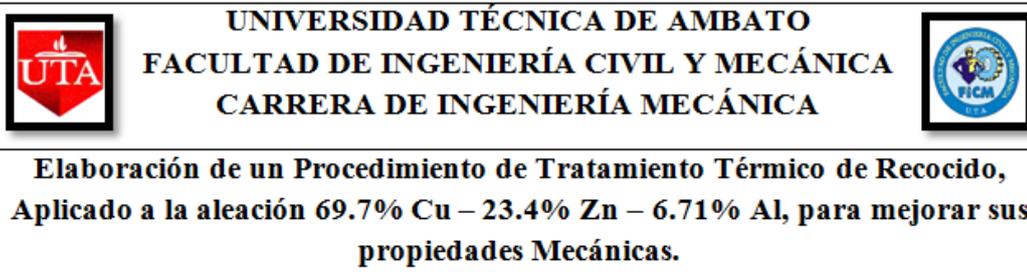
El proceso investigativo fue factible realizarlo ya que se cuenta con los equipos y el desarrollo humano, y el material fue donado por el Ing. Segundo Espín. Mg. y para sus ensayos contamos con los laboratorios de materiales de la facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.6. FUNDAMENTACIÓN.

Los ensayos fueron realizados en base a los capítulos II, III, en donde se obtuvo información necesaria para la realización de los mismos como, metalográfico y dureza, los mismos que fueron analizados en el capítulo IV, y así se pudo obtener parámetros del recocido.

6.7. METODOLOGÍA.

Para la presente investigación se requiere seguir los siguientes procedimientos:



1. Objetivo:

Establecer los procedimientos de tratamiento térmico de recocido aplicado a la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, para mejorar sus propiedades mecánicas.

2. Alcance:

Definir los parámetros de temperatura de calentamiento y tiempo de permanencia en el horno.

3. Documentación de referencia:

El desarrollo del presente procedimiento se encuentra sustentado en parte del capítulo II y IV.

4. Generalización:

El recocido es un tratamiento térmico orientado a conseguir varios objetivos como: disminuir la dureza de una microestructura, ablandamiento del material mediante la permanencia de una temperatura elevada y enfriamiento lento en el horno de mufla para modificar su microestructura, por lo tanto sus propiedades mecánicas.

5. Realización:

El proceso para la aplicación del tratamiento térmico de recocido en la aleación 69.7%Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, se ha centrado en los siguientes pasos:

- Recepción del material.

- Calcular el zinc equivalente de la aleación 69.7%Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
- Determinar los parámetros de recocido con el porcentaje de zinc equivalente en el diagrama cobre zinc.
- Realizar el tratamiento térmico de recocido.
- Análisis metalográfico.
- Ataque químico de la superficie.
- Ensayo de dureza.
- Ensayo de tracción.
- Ensayo de fatiga.
- Ensayo de impacto.

1.- Recepción del Material.

Tabla 6.1: Propiedades del material.

ESPECIFICACIONES DE LAS BARRAS UTILIZADAS				
Material:	Aleación 69.7%Cu 23.4%Zn 6.71%Al			
Diámetro:	1"	Dureza:	96.4 HRB	
Longitud:	8"	Color:	amarillo	
Características:	Eje	Tratamiento Térmico:	Sin tratamiento térmico	

Fuente: El Autor

2.- Cálculo para determinar el Zinc Equivalente.

Ya que no se posee un diagrama ternario Cu-Zn-Al, se procede a calcular el zinc equivalente para determinar la temperatura de recocido mediante el diagrama binario Cu-Zn. Los porcentajes de la aleación que son:

$$69.7\% \text{ Cu} - 23.4\% \text{ Zn} - 6.71\% \text{ Al.}$$

➤ Se procede a calcular el zinc equivalente.

$$Zinc_{equivalente} = 100 - Cu\% \frac{100}{100 + x\%(k - 1)}$$

Dónde:

X = Porcentaje del elemento de la aleación (23.4% Zn)

K = Coeficiente de equivalencia de zinc

Cu = 69.7% Cu

Para el aluminio k = 6

Cálculo:

$$Zinc_{equivalente} = 100 - 69.7 \frac{100}{100 + 23.4 (6 - 1)}$$

$$Zinc_{equivalente} = 67.8\%$$

Con el valor del zinc equivalente que es de 67.8% se procede al diagrama Cu-Zn.

3.- Parámetros de recocido con el porcentaje de zinc equivalente en el diagrama cobre - zinc.

Para conocer a que temperatura debe elevarse la aleación para que reciba un tratamiento térmico de recocido el cual se realiza en tres pasos: calentamiento controlado a la temperatura del recocido, permanencia a esa temperatura, enfriamiento lento. En el diagrama binario se ingresa con el porcentaje de zinc equivalente (67.8), trazamos una línea vertical y luego dos líneas horizontales la primera línea se traza desde que la línea vertical se interseca con las líneas del diagrama (480°C) y la segunda línea vertical a (800°C). Se procede a realizar la lectura de la temperatura que es de 800°C con un tiempo de permanencia de 5h y un enfriamiento lento en el horno de mufla.

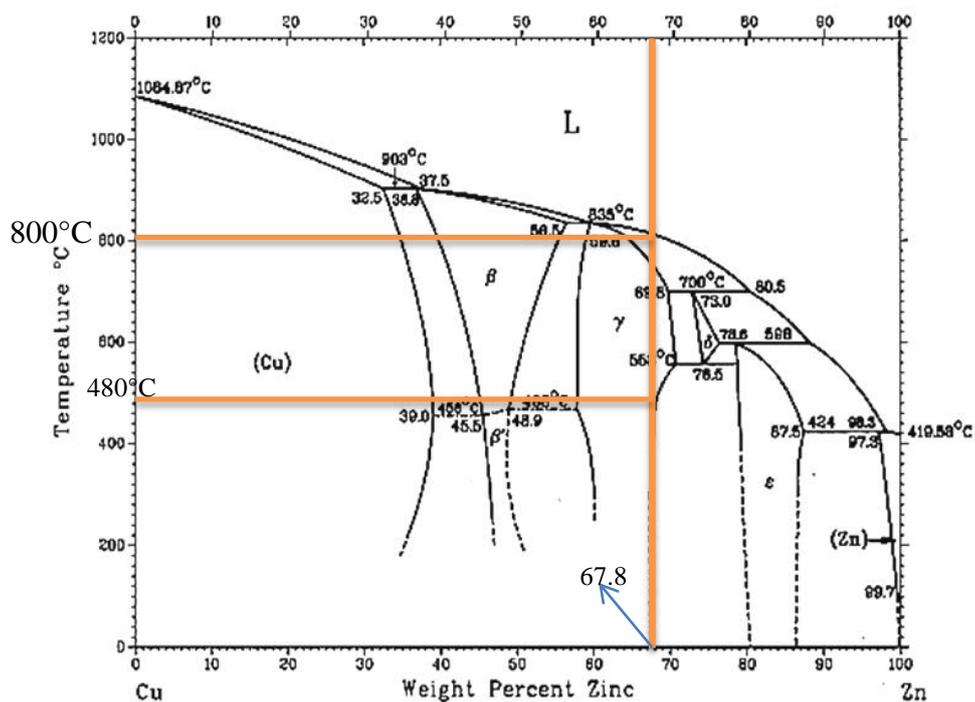


Figura. 6.1: Determinación de la temperatura de Recocido de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, en función del zinc equivalente.

Fuente: El Autor.

4.- Realización del tratamiento térmico de recocido.

- Cortar una probeta cilíndrica de 1 pulgada de diámetro y 1 pulgada de longitud.



Figura. 6.2: Cortar probetas de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
Fuente: El Autor

- Luego refrentar las probetas para tener las superficies planas.



Figura. 6.3: Refrentado de la probeta.
Fuente: El Autor.

- Poner las probetas en el horno de mufla



Figura. 6.4: Horno de mufla.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

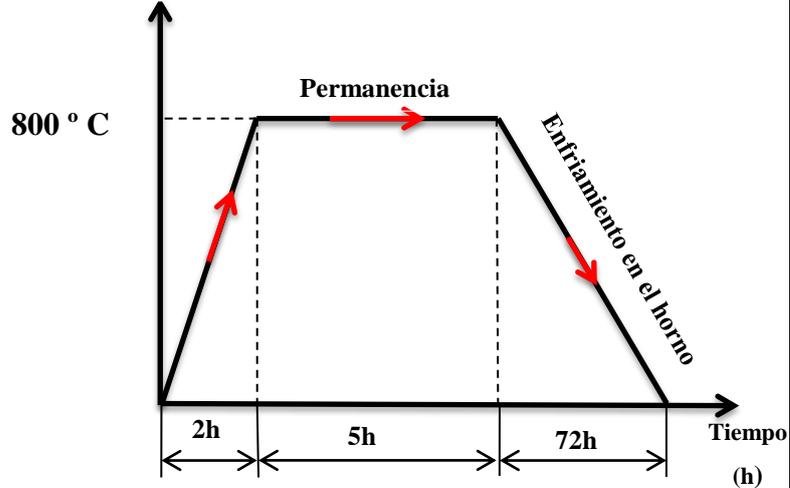
- Luego se cierra la puerta y se prende el horno y se fija los parámetros de recocido, como la temperatura de 800°C



Figura. 6.5: Horno de mufla.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Esperar hasta que alcance su temperatura y tomar el tiempo de permanencia de cinco horas, apagar el horno y dejar que se enfríe hasta que alcance su temperatura ambiente.

MODELO DE FORMATO LLENADO PARA ENSAYO DE RECOCIDO.

REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	7	Autorizado por:	Ing. S. Espín. Mg.	Realizado por:	Alex Rivera	
Lugar de realización:	Laboratorio De Materiales FICM			Fecha de realización:	28-04-2014	
ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO						
Tratamiento térmico:	Recocido		Temperatura de recocido:	800 ° C		
Tiempo de permanencia en el horno:	5 H		Tipo de enfriamiento:	Enfriamiento lento		
Medio de enfriamiento:	Horno de mufla		Especificación del material:	Aleación 69.7%Cu –23.4%Zn – 6.71%Al		
Características:	Eje		Diámetro:	1"	Longitud:	1"
DATALLE REFERENCIAL						
Probeta	Diagrama De Fase De Recocido De la Aleación 69.7%Cu –23.4%Zn – 6.71%Al					
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p style="text-align: center;">Temperatura ° C</p>  <p style="text-align: center;">Tiempo (h)</p> </div> </div>						

5.- Análisis metalográfico.

El análisis metalográfico de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, se realizará siguiendo el siguiente procedimiento

Accesorios y equipo para la preparación metalografía.

- Seleccionar la muestra, se procede a cortar una probeta cilíndrica de 1 pulgada de diámetro y 1 pulgada de longitud.



Figura. 6.6: Probeta para el ensayo metalográfico.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- El desbaste de las probetas se realiza en el banco de lijas empezando por el desbaste grueso utilizando papeles abrasivos de diferente granulometría desde la más gruesa: 240, 320, 400,600 el proceso se hace para que la probeta quede totalmente plana y se la realiza en un solo sentido.



Figura. 6.7: Desbaste grueso de la probeta en el banco de lijas.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Desbaste fino utilizando papeles abrasivos de diferente granulometría como son: 1200, 1500, 2000, este proceso se hace de acuerdo a las rayas girar 90° hasta tener en un solo sentido las rayas.



Figura. 6.8: Desbaste fino de la probeta en el banco de lijas.

Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- El proceso de pulido se lo realiza utilizando la pulidora de discos con paños de felpa para pulido, la misma debe girar a 250 rpm, esto se realiza hasta que la superficie quede brillante y sin rayas, se utiliza como abrasivo alúmina de 0,3 micras en suspensión de agua.



Figura. 6.9: Pulido de la probeta en la pulidora.

Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

6.- Ataque químico de la Superficie.

Para realizar el ataque químico en la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, siga el siguiente procedimiento:

- Para realizar el ataque químico tenemos que observar que la superficie este como espejo, sin rayas.



Figura. 6.10: Pulido de la probeta hecho espejo.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Lavar con agua, y secarle en un flujo de aire,

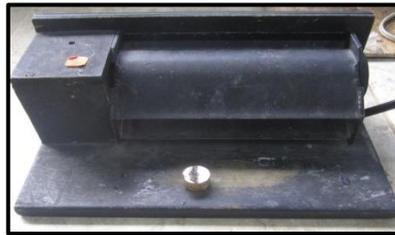


Figura. 6.11: Secado de la probeta.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Seleccione el reactivo para el ataque químico para aleaciones en de cobre, su composición química es la siguiente: 20 gr de FeCl_3 , 5 ml de HCl , 1 gr de CrO_2 , y 100 ml de agua destilada



Figura. 6.12: Reactivo químico para aleaciones en base cobre que contiene 20 gr de FeCl_3 , 5 ml de HCl , 1 gr de CrO_2 , y 100 ml de agua destilada.

Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Realizar el ataque químico de la aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, con el reactivo especificado, se procede utilizar los guantes para tomar el reactivo y a atacarla durante 6 segundos; pasado los 6 segundos se detiene el ataque con agua y la seca con flujo de aire frío.



Figura. 6.13: Ataque químico de la probeta 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

Evaluación de la microestructura en el microscopio.

- Prender la computadora, encender el microscopio poner el lente a 10X, luego se procede a poner la probeta en el microscopio.



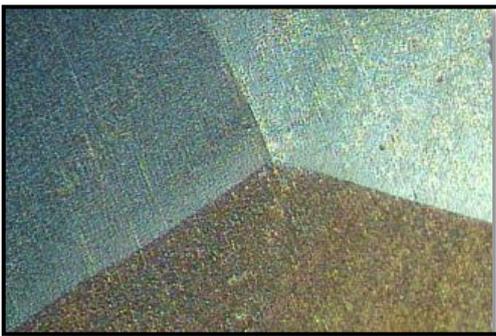
Figura. 6.14: Microscópico con la probeta.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

- Observe la estructura metalográfica, para el cual consta de un computador, cámara digital acoplada al microscopio, y software.



Figura. 6.15: Observación de la microestructura en el microscopio.
Fuente: Laboratorio de Materiales FICM – UTA.

MODELO DE FORMATO LLENADO DE ENSAYO METALOGRÁFICO.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ENSAYO METALOGRÁFICO		
DATOS INFORMATIVOS:		
Identificación del componente de estudio:	Prueba :	01
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha: 12/11/2013
Supervisado por: Ing. S. Espín. Mg.		
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO		
Lugar:	Sector de Huachi Chico / Campus Universitario - UTA	
Temperatura ambiente: 19 ° C	Otros:	
Velocidad del aire circundante: 0,1 m/s		
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO:		
Acondicionamiento de la superficie:	Lijado, pulido mecánico	
Temperatura durante el pulido: 21 ° C	Superficie óptima en:	120 min
Ataque químico de la superficie:	Aleaciones de cobre	Tiempo de ataque: 3 seg
RESULTADO:		
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN INTELIGENTE CON MEMORIA DE FORMA 69.7%Cu – 23.4%Zn – 6.71%Al. (100X)		
		
Microestructura 100X, atacado con reactivo químico (20 gr de FeCl ₃ , 5 ml de HCl, 1 gr de CrO ₂ , y 100 ml de agua destilada) 3 segundos.		
OBSERVACIONES:		
La microestructura presenta una fase β , con un tamaño de grano extremadamente grande, esto quiere decir que el material es duro y frágil.		

7.- Ensayo de Dureza.

Para realizar el ensayo de dureza, utilice un Durómetro, de acuerdo a la norma ASTM E-18, con escala de dureza Rockwell A (HRA), con un indentador cono de diamante y carga de 588N.

MODELO DE LLENADO PARA EL ENSAYO DUREZA

ENSAYO DE DUREZA			
DATOS INFORMATIVOS:			
Tratamiento térmico: Recocido		Temperatura de tratamiento térmico: 800 ° C	
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Tipo de estudio:	laboratorio	Ensayo N°:	7
Identificación del componente de estudio:		Probeta :	7.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	06/05/2014
Realizado por:	Alex Rivera	Supervisado por:	Ing. S. Espín. Mg.
PROBETA:			
Características:	Eje	Diámetro: 1"	Longitud: 1"
PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA			
Método: ROCKWELL B (HRA)		Tipo de penetrador: Cono de diamante	
Cantidad de carga aplicada: 588 N		Tiempo de ensayo: 15 min	
RESULTADO:		DURÓMETRO	
	No. MEDICIÓN	DUREZA HRA	
	1	12	
	2	10	
	3	11	
	4	13	
	5	11	
	6	12	
	7	14	
	8	11.5	
	9	10.5	
	10	12	
	Dureza promedio	12	
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS			
El valor de la dureza promedio es de 12 (HRA), con recocido a 800 °C, por cinco horas.			
OBSERVACIONES:			

8.- Maquinado del material para Probetas.

El mecanizado de las probetas para tracción se lo realiza de acuerdo a la norma ASTM E-8 (ANEXO A1), como se puede ver en la figura 6.16.

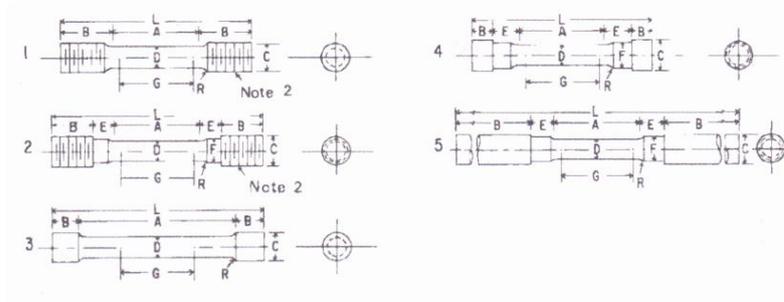


Figura. 6.16: Dimensiones de las probetas para el Ensayo de Tracción espécimen 1 según la Norma ASTM E8-01.

Fuente: Norma ASTM E8.

Tabla 6.2: Dimensiones de la probeta para el ensayo de tracción.

Designación	Sección	Dimensión (pulgadas)
G	Longitud de calibre	2,00 +/-0,005
D	Diámetro	0,500 +/-0,010
R	Radio del filete, mínimo	3/8
A	Longitud de la sección reducida	2 ¼ , min
L	Longitud total, aproximada	5
B	Longitud del fin de sección	1 3/8, aproximadamente
C	Diámetro del fin de sección	3/4

Fuente: Norma ASTM E8.



Figura. 6.17: Probeta para el ensayo de tracción según la norma ASTM E-8.

Fuente: El Autor.

El mecanizado de las probetas para fatiga rotatoria se lo realizaron de acuerdo a la norma ASTM E-606 (ANEXO A2).

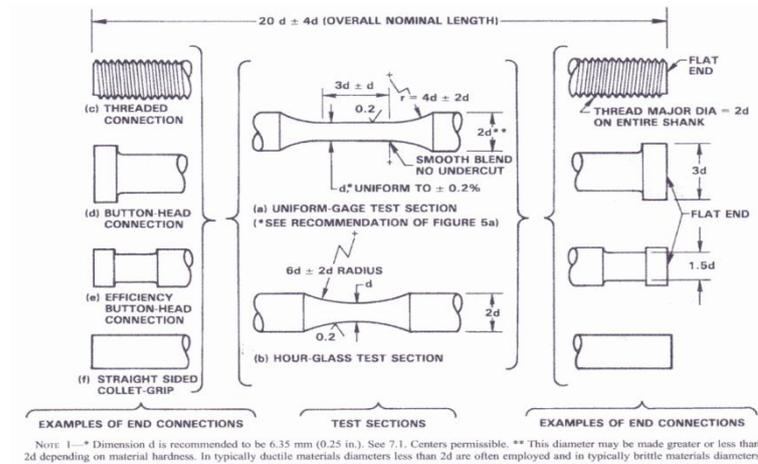


Figura. 6.18: Dimensiones de las probetas para el Ensayo de fatiga rotatoria de acuerdo a la Norma ASTM E 606.

Fuente: Norma ASTM E606 – 32.



Figura. 6.19: Probeta de fatiga rotatoria según la norma ASTM E- 606.

Fuente: El Autor.

El mecanizado de las probetas para impacto se lo realiza de acuerdo a la norma ASTM E- 23 (ANEXO A3), como se indica en la figura 6.20.

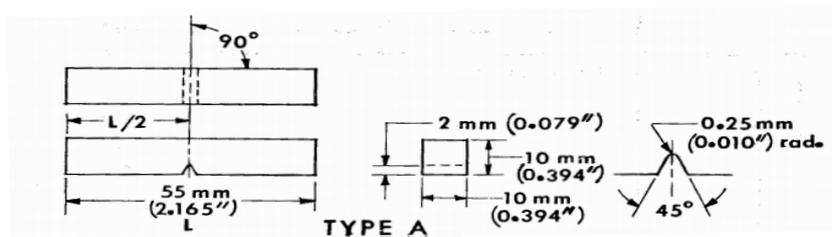


Figura. 6.20: Dimensiones de las probetas para el Ensayo charpy - tipo A, según la Norma ASTM E23

Fuente: Norma ASTM E23.



Figura. 6.21: Probeta para el ensayo de impacto según la norma ASTM E-23.

Fuente: El Autor.

8.- Ensayo de tracción.

El ensayo de tracción se lo realiza en la Máquina Universal, de acuerdo a la norma ASTM E8.

MODELO DE LLENADO PARA EL ENSAYO DUREZA

ENSAYO DE TRACCIÓN			
DATOS INFORMATIVOS:			
Tratamiento térmico: Recocido		Temperatura de tratamiento térmico: 800 ° C	
Tiempo de tratamiento térmico: 5h		Medio de enfriamiento: Horno de mufla	
Equipo	Máquina universal	Ensayo N°:	0.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	11/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	UTA	Laboratorio de materiales	
RESULTADOS:			
			
RESULTADO DEL ENSAYO:			
MUESTRA N°	1		
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida		
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al		
DIÁMETRO (mm)	12,7		
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	1,267		
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/ mm ²)	6444,064		
CARGA MAXIMA Kg	3750		
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	29,603		
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	5,880		
TIPO DE FALLA	Forma de cono con picos		

9.- Ensayo de Fatiga Rotatoria.

Para determinar la vida a fatiga de la aleación, se realiza el ensayo según la norma ASTM E-606-92.

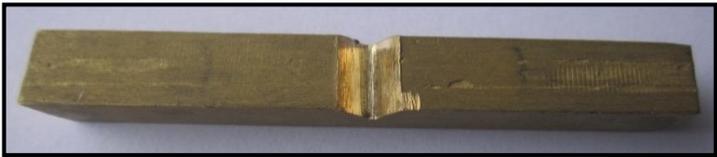
MODELO DE LLENADO PARA EL ENSAYO DUREZA

ENSAYO DE FATIGA ROTATORIA			
DATOS INFORMATIVOS:			
Tratamiento térmico:	Recocido	Temperatura de tratamiento térmico:	800 ° C
Tiempo de tratamiento térmico:	5h	Medio de enfriamiento:	Horno de mufla
Equipo	Máquina para fatiga rotatoria	Ensayo N°:	0.1
solicitado por:	Alex Rivera	Fecha:	21/07/2014
Centro de Estudio y Análisis:	ESPOSH	Laboratorio de materiales	
PROBETA		MÁQUINA PARA FATIGA ROTATORIA	
			
RESULTADOS			
MUESTRA N°	1		
CARACTERÍSTICA	Muestra Recocida		
TIPO DE MATERIAL	Aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al		
DIÁMETRO (mm)	7,6		
SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	0,454		
CARGA MAXIMA (Kg)	2		
ESFUERZO MAXIMA (Kg/ mm ²)	0,478		
REVOLUCIONES (RPM)	12520		
TIEMPO DE VIDA (HORAS- MINUTOS- SEGUNDOS)	00-04-39		
OBSERVACIONES			

10.- Ensayo de Impacto.

Para realizar el ensayo de impacto, se lo realiza de acuerdo a la norma ASTM E23.

MODELO DE LLENADO PARA EL ENSAYO DUREZA

ENSAYO DE IMPACTO																							
DATOS INFORMATIVOS:																							
Tratamiento térmico:		Temple	Temperatura de tratamiento térmico:		850 ° C																		
Tiempo de tratamiento térmico:			1h	Medio de enfriamiento:	Agua a -5 ° C																		
Método:	Impacto	Norma:	ASTM E-23	Ensayo N°:	0.1																		
solicitado por:		Alex Rivera		Fecha:	28/07/2014																		
Centro de Estudio y Análisis:		UTA		Laboratorio de materiales																			
PROBETA																							
																							
RESULTADOS			MÁQUINA ENSAYO DE IMPACTO																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>N° de probeta</th> <th>Energía de Impacto (Joules)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A1</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>A2</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>A3</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>A4</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>A5</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>			N°	N° de probeta	Energía de Impacto (Joules)	1	A1	25	2	A2	28	3	A3	26	4	A4	24	5	A5	22			
N°	N° de probeta	Energía de Impacto (Joules)																					
1	A1	25																					
2	A2	28																					
3	A3	26																					
4	A4	24																					
5	A5	22																					
OBSERVACIONES																							

Alex Rivera	Fecha de elaboración:	04 - 07 - 2014
Ing. Segundo Espín	Fecha de revisión:	15- 07 - 2014
Ing. Segundo Espín	Fecha de aprobación:	29 - 07 - 2014

6.8. ADMINISTRACIÓN.

Para el proceso investigativo se presentan los costos que fueron necesarios:

Tabla 6.3: Rubro de gastos.

Rubro De Gastos (Recursos Materiales)			
Cantidad	Detalle	Precio unitario	Valor (USD)
40	Ejes de aleación 69.7% Cu – 23.4% Zn – 6.71% Al, Ø 1”x 8” Auspiciado por Ing. S. Espín. Mg.	0.0	0.0
10	Pliego de lija N° 240	0.60	6
10	Pliego de lija N° 320	0.60	6
10	Pliego de lija N° 400	0.60	6
10	Pliego de lija N° 600	0.60	6
12	Pliego de lija N° 1000	0.60	7.2
12	Pliego de lija N° 1200	0.60	7.2
14	Pliego de lija N° 1500	0.60	8.4
15	Pliego de lija N° 2000	0.60	9
1/2	Libra de alúmina	160	80
30	Maquinado de probetas	10	300
5	Ensayo de fatiga	60	300
Subtotal			735.8

Fuente: El Autor.

Rubro De Gastos (Recursos Humanos)			
Cantidad	Detalle	Precio unitario	Valor (USD)
1	Recolector de información	100	100
1	Ayudante para preparación de las probetas	60	60
Subtotal			160

Fuente: El Autor.

Rubro De Gastos (Recursos Varios)			
Cantidad	Detalle	Precio unitario	Valor (USD)
500	Impresiones	0.10	50
3	Anillado	3	9
3	Empastado	10	30
100	Uso del internet	0.80	80
	Trasporte y alimentación	200	200
	Imprevistos	200	200
Subtotal			569
Total			1464.8

Fuente: El Autor.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.

Al finalizar el proceso de investigación, se recomienda tomar en cuenta las composiciones químicas de las aleaciones para la selección de los parámetros de recocido para futuras investigaciones, así como también realizar el tratamiento térmico a otras temperaturas para recuperar su memoria de forma.

Bibliografía.

1. ASHBY, M., & Jones D. (1998). *Engineering Materials I*. Elsevier Butterworth – Heinemann. Oxford.
2. ASHBY, M., & Jones D. (1998). *Engineering Materials II*. Elsevier Butterworth – Heinemann. Oxford.
3. Villar, C., (2011). *Aleaciones con memoria de forma: materiales inteligentes Metal Actual*.
4. James, F., (2005). *Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros*. Pearson educación S.A: Madrid.
5. Avner, S., (1998). *Introducción a la metalurgia física*; México: Gran Hill.
6. Carlos, G., & Vicente, B. (2005). *Tecnología De Materiales*; México: Alfaomega.
7. William F., & Smith, J. (2004). *Fundamentos De La Ciencia E Ingeniería De Materiales*. México: Gran Hill.
8. Segundo E. (2012). *Estudio de la aleación inteligente con memoria de forma CuZnAl para determinar su aplicación industrial*. Universidad Técnica de Ambato.

Páginas Web.

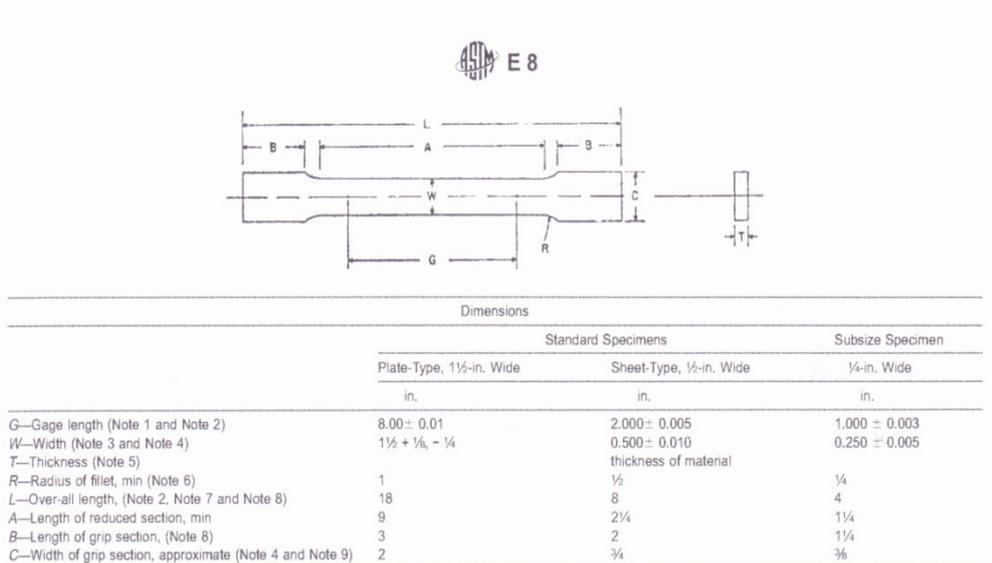
9. *Tratamientos térmicos*: Recuperado de:
<http://www.site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10316635&p00=recocido Molera Sola, Pere. Tratamientos térmicos de los metales, Ed.: Marcombo: España; 2009.>
10. *Tratamientos térmicos*: Recuperado de:
<http://www.site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action> Sánchez Fernández, María Belén Torralba Díaz, Marcelino. Solidificación, microestructura y propiedades mecánicas de aleaciones Al-Cr-Mo, Al-

Cr-Ni y Al-Cr-Si obtenidas por atomización centrífuga, Ed.
Universidad Complutense de Madrid: España: 2005

11. *Tratamientos térmicos*: Recuperado de:
<http://www.personales.ya.com/jcmarin/download/tratamientos%20termicos%20reducido.pdf>
12. *Tratamientos térmicos*: Recuperado de:
<http://www.ersonales.ya.com/.../tratamientos%20termicos%20reducido.p...> – España
13. *Preparación de probetas*: Recuperado de:
<http://www.Laboratorio de materiales.mht>
14. *Metalografía*: Recuperado de:
<http://www.mailxmail.com/curso-metalografia/metodos-determinartamano>
15. *Materiales inteligentes con memoria de forma*: Recuperado de:
http://www.cienciapopular.com/n/Tecnologia/Materiales_Inteligentes/Materiales_Inteligentes.php

ANEXOS

Anexo A1 EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.



NOTE 1—For the 1½-in. wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 1 in. apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. apart may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 1½-in. wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (A) of 2¼ in. may be used with all other dimensions similar to those of the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.002 or 0.001 in., respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 0.015, 0.005, or 0.003 in., respectively, larger than the width at the center.

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

NOTE 5—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 1½-in. wide specimens shall be ⅙ in. Maximum thickness of ½-in. and ¼-in. wide specimens shall be ¼ in. and ¼ in., respectively.

NOTE 6—For the 1½-in. wide specimen, a ½-in. minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 100 000 psi in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

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

NOTE 8—To aid in obtaining axial force application during testing of ¼-in. wide specimens, the over-all length should be as large as the material will permit, up to 8.00 in.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of ½-in. wide specimens is over ⅙ in., longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 0.10, 0.05 and 0.005 in., respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the ½-in. wide specimen shall be symmetrical within 0.01 in.

NOTE 11—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 0.05 in., and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in.

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

FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

maximize precision and minimize bias in test results.

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

NOTE 7—Punching or blanking of the reduced section may produce significant cold work or shear burrs, or both, along the edges which should be removed by machining.

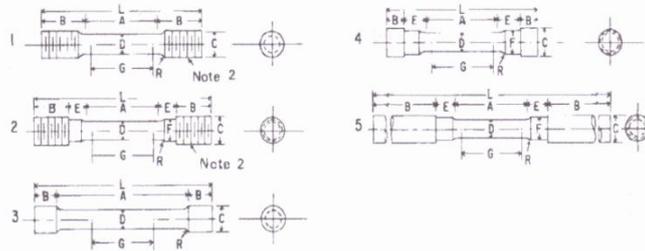
6.1.3.2 Within the reduced section of rectangular speci-

mens, edges or corners should not be ground or abraded in a manner which could cause the actual cross-sectional area of the specimen to be significantly different from the calculated area.

6.1.3.3 For brittle materials, large radius fillets at the ends of the gage length should be used.

6.1.3.4 The cross-sectional area of the specimen should be smallest at the center of the reduced section to ensure fracture within the gage length. For this reason, a small taper is permitted in the reduced section of each of the specimens described in the following sections.

E 8



	Dimensions				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010
R—Radius of fillet, min	3/8	3/8	1/16	3/8	3/8
A—Length of reduced section	2 1/4, min	2 1/4, min	4, approximately	2 1/4, min	2 1/4, min
L—Over-all length, approximate	5	5 1/2	5 1/2	4 3/4	9 1/2
B—Length of end section (Note 3)	1 3/8, approximately	1, approximately	3/4, approximately	1/2, approximately	3, min
C—Diameter of end section	3/4	3/4	23/32	7/8	3/4
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	...	5/8	...	3/4	5/8
F—Diameter of shoulder	...	5/8	...	5/8	19/32

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 0.005 in. larger in diameter than the center.

NOTE 2—On Specimens 1 and 2, any standard thread is permissible that provides for proper alignment and aids in assuring that the specimen will break within the reduced section.

NOTE 3—On Specimen 5 it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

FIG. 9 Various Types of Ends for Standard Round Tension Test Specimens

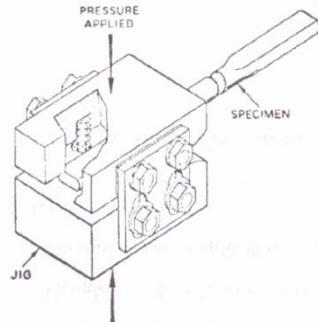


FIG. 10 Squeezing Jig for Flattening Ends of Full-Size Tension Test Specimens

cloth or paper, or by machining sufficiently to facilitate fracture within the gage marks, but in no case shall the reduced width be less than 90 % of the original. The edges of the midlength of the reduced section not less than 3/4 in. in length shall be parallel to each other and to the longitudinal axis of the specimen within 0.002 in. Fillets, preferably with a radius of 3/8 in. but not less than 1/8 in. shall be used at the ends of the reduced sections.

6.7.2 Rectangular bar of thickness small enough to fit the grips of the testing machine but of too great width may be reduced in width by cutting to fit the grips, after which the cut surfaces shall be machined or cut and smoothed to ensure

failure within the desired section. The reduced width shall be not less than the original bar thickness. Also, one of the types of specimens described in 6.2, 6.3, and 6.4 may be used.

6.8 *Shapes, Structural and Other*—In testing shapes other than those covered by the preceding sections, one of the types of specimens described in 6.2, 6.3, and 6.4 shall be used.

6.9 *Specimens for Pipe and Tube* (Note 12):

6.9.1 For all small tube (Note 12), particularly sizes 1 in. and under in nominal outside diameter, and frequently for larger sizes, except as limited by the testing equipment, it is standard practice to use tension test specimens of full-size tubular sections. Snug-fitting metal plugs shall be inserted far enough into the ends of such tubular specimens to permit the testing machine jaws to grip the specimens properly. The plugs shall not extend into that part of the specimen on which the elongation is measured. Elongation is measured over a length of 4D unless otherwise stated in the product specification. Fig. 11 shows a suitable form of plug, the location of the plugs in the specimen, and the location of the specimen in the grips of the testing machine.

NOTE 12—The term “tube” is used to indicate tubular products in general, and includes pipe, tube, and tubing.

6.9.2 For large-diameter tube that cannot be tested in full section, longitudinal tension test specimens shall be cut as indicated in Fig. 12. Specimens from welded tube shall be located approximately 90° from the weld. If the tube-wall thickness is under 3/4 in., either a specimen of the form and

Fuente: (EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials)

Anexo A2 EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-606 Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing.



Designation: E 606 – 92 (Reapproved 1998)

Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing¹

This standard is issued under the fixed designation E 606; 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.

1. Scope

1.1 This practice covers the determination of fatigue properties of nominally homogeneous materials by the use of uniaxially loaded test specimens. It is intended as a guide for fatigue testing performed in support of such activities as materials research and development, mechanical design, process and quality control, product performance, and failure analysis. While this practice is intended primarily for strain-controlled fatigue testing, some sections may provide useful information for load-controlled or stress-controlled testing.

1.2 The use of this practice is limited to specimens and does not cover testing of full-scale components, structures, or consumer products.

1.3 This practice is applicable to temperatures and strain rates for which the magnitudes of time-dependent inelastic strains are on the same order or less than the magnitudes of time-independent inelastic strains. No restrictions are placed on environmental factors such as temperature, pressure, humidity, medium, and others, provided they are controlled throughout the test, do not cause loss of or change in dimension with time, and are detailed in the data report.

NOTE 1—The term *inelastic* is used herein to refer to all nonelastic strains. The term *plastic* is used herein to refer only to the time-independent (that is, nonreep) component of inelastic strain. To truly determine a time-independent strain the load would have to be applied instantaneously, which is not possible. A useful engineering estimate of time-independent strain can be obtained when the strain rate exceeds some value. For example, a strain rate of $1 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ is often used for this purpose. This value should increase with increasing test temperature.

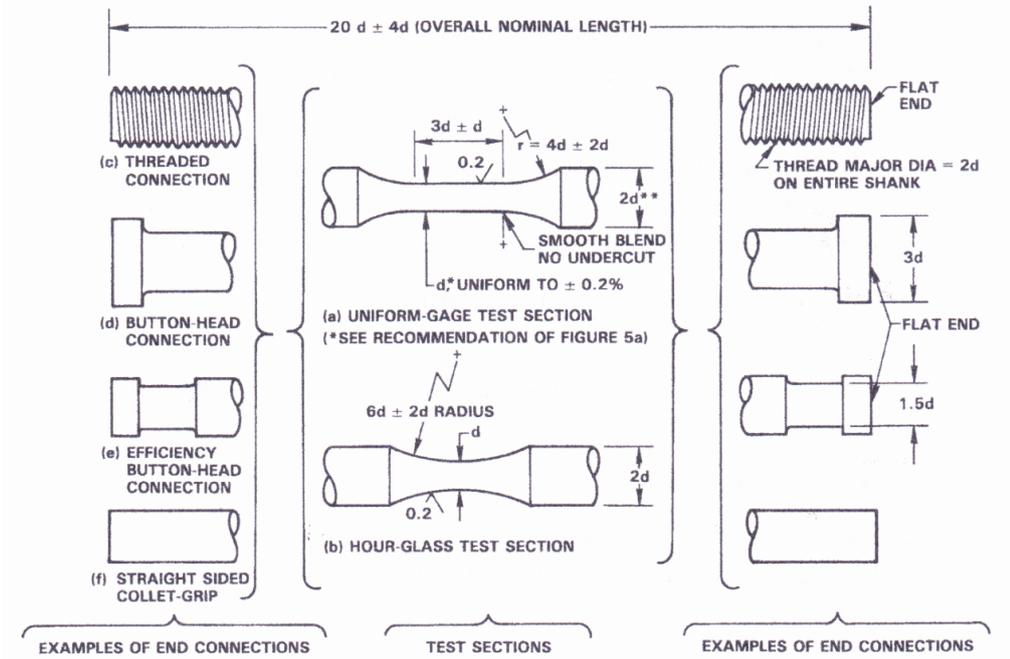
1.4 This practice is restricted to the testing of axially loaded uniform gage section test specimens as shown in Fig. 1(a). Testing is limited to strain-controlled cycling. The practice may be applied to hourglass specimens, see Fig. 1(b), but the user is cautioned about uncertainties in data analysis and interpretation. Testing is done primarily under constant amplitude cycling and may contain interspersed hold times at repeated intervals. The practice may be adapted to guide testing for more general cases where strain or temperature may vary

according to application specific histories. Data analysis may not follow this practice in such cases.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products²
- E 3 Methods of Preparation of Metallographic Specimens³
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³
- E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials³
- E 9 Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature³
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers³
- E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus³
- E 112 Test Methods for Determining Average Grain Size³
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature³
- E 157 Practice for Assigning Crystallographic Phase Designations in Metallic Systems³
- E 209 Practice for Compression Tests of Metallic Materials at Elevated Temperatures with Conventional or Rapid Heating Rates and Strain Rates³
- E 337 Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)⁴
- E 384 Test Method for Microhardness of Materials³
- E 399 Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials³
- E 466 Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials³
- E 467 Practice for Verification of Constant Amplitude Dynamic Loads on Displacements in an Axial Load Fatigue Testing System³
- E 468 Practice for Presentation of Constant Amplitude Fatigue Test Results for Metallic Materials³
- E 739 Practice for Statistical Analysis of Linear or Linearized Stress-Life ($S-N$) and Strain-Life ($\epsilon-N$) Fatigue Data³
- E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment



NOTE 1—* Dimension d is recommended to be 6.35 mm (0.25 in.). See 7.1. Centers permissible. ** This diameter may be made greater or less than 2d depending on material hardness. In typically ductile materials diameters less than 2d are often employed and in typically brittle materials diameters

Fuente: (EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-606 Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing)

**Anexo A3 EXTRACTO DE LA NORMA STM E- 23:02 Standard Test
Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials**

**Standard Methods for
NOTCHED BAR IMPACT TESTING OF METALLIC
MATERIALS¹**

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

These methods have been approved for use by agencies of the Department of Defense to replace method 221.1 of Federal Test Method Standard No. 151b and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.

NOTE—Figures 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, and 16 were editorially corrected, and the designation date was changed March 5, 1982.

1. Scope

1.1 These methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) apparatus and the Izod (cantilever-beam) apparatus. They give: (a) a description of apparatus, (b) requirements for inspection and calibration, (c) safety precautions, (d) sampling, (e) dimensions and preparation of specimens, (f) testing procedures, (g) precision and accuracy, and (h) appended notes on the significance of notched-bar impact testing. These methods will in most cases also apply to tests on unnotched specimens.

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

2. Summary of Methods

2.1 The essential features of an impact test are: (a) a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), (b) an anvil or support on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, (c) a moving mass of known kinetic energy which must be great enough to break the test specimen placed in its path, and (d) a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

3. Significance

3.1 These methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a load resulting in multiaxial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some

cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures, impact tests on notched specimens have been found to predict the likelihood of brittle fracture better than tension tests or other tests used in material specifications. Further information on significance appears in the Appendix.

4. Apparatus

4.1 General Requirements:

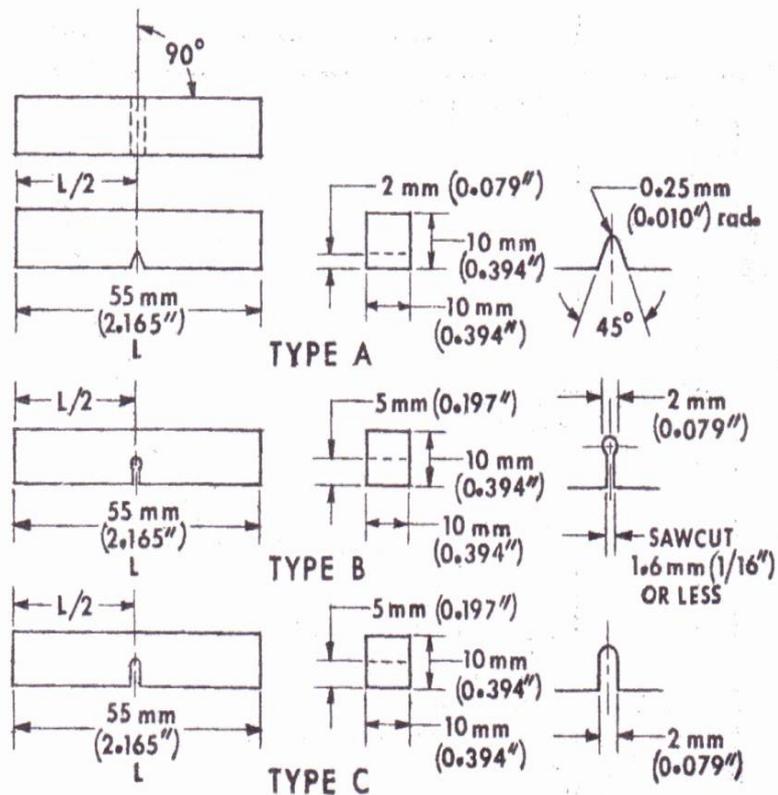
4.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction and of capacity more than sufficient to break the specimen in one blow.

4.1.2 The machine frame shall be equipped with a bubble level or a machined surface suitable for establishing levelness. The machine shall be level to within 3:1000 and securely bolted to a concrete floor not less than 150 mm (6 in.) thick or, when this is not practical, the machine shall be bolted to a foundation having a mass not less than 40 times that of the pendulum. The bolts shall be tightened as specified by the machine manufacturer.

4.1.3 The machine shall be furnished with scales graduated either in degrees or directly in energy on which readings can be estimated in increments of 0.25 % of the energy range or less. The scales may be compensated for wind-

¹These methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E-28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.07 on Impact Testing.

Current edition approved March 5, 1982. Published July 1982. Originally published as E 23-33T. Last previous edition E 23-81.



NOTE—Permissible variations shall be as follows:

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

Fuente: (EXTRACTO DE LA NORMA STM E- 23:02 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials)

**Anexo A4 EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-112 Standard Test
Methods for Determining Average Grain Size**

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. BASIS OF ASTM GRAIN SIZE NUMBERS

A1.1 Descriptions of Terms and Symbols

A1.1.1 The general term *grain size* is commonly used to designate size estimates or measurements made in several ways, employing various units of length, area, or volume. Of the various systems, only the ASTM grain size number, G , is essentially independent of the estimating system and measurement units used. The equations used to determine G from recommended measurements, as illustrated in Fig. 6 and Table 2 and Table 4, are given in A1.2 and A1.3. The nominal relationships between commonly used measurements are given in Annex A2. Measurements that appear in these equations, or in equations in the text, are as follows:

A1.1.1.1 N = Number of grain sections counted on a known test area, A , or number of intercepts counted on a known test array of length $=L$, at some stated magnification, M . The average of counts on several fields is designated as \bar{N} .

A1.1.1.2 After correction for magnification, N_A is the number of grain sections per unit test area (mm^2) at 1X; N_L is the number of grains intercepted per unit length (mm) of test lines at 1X; and P_L is the number of grain boundary intersections per unit length (mm) of test line at 1X.

A1.1.1.3 $\bar{\ell} = 1/N_L = 1/P_L$ where $\bar{\ell}$ is the mean lineal intercept length in mm at 1X.

A1.1.1.4 $\bar{A} = 1/N_A$ where \bar{A} is the mean area of the grain sections (mm^2) at 1X. The mean grain diameter, \bar{d} , is the square root of \bar{A} . Grain size values on Plate III are expressed in terms of \bar{d} . Note that Table 2 lists the equivalent ASTM grain size number for each chart picture and for several different magnifications.

A1.1.1.5 The letters ℓ , t and p are used as subscripts when assessing the grain size of specimens with non-equiaxed grain structures. The three subscripts represent the principal planes for rectangular bar, plate, sheet, or strip specimens, that is, the

longitudinal (ℓ), transverse (t) and planar (p) surfaces. They are mutually perpendicular to each other. On each plane, there are two principal directions that are perpendicular to each other (as illustrated in Fig. 7).

A1.1.1.6 The number of fields measured is designated by n .

A1.1.1.7 Other specific designations are defined by equations which follow.

A1.2 Intercept Methods:

A1.2.1 Metric units, $\bar{\ell}$ in millimetres at 100X for microscopically determined grain sizes and $\bar{\ell}_m$ at 1X for macroscopically determined grain sizes, are used with the following equation relating $\bar{\ell}$ or $\bar{\ell}_m$ to G . For macroscopically determined grain sizes, $\bar{\ell}_m$ is in mm at 100X:

$$G = 2 \log_2 \frac{\ell_0}{\bar{\ell}_m} \quad (\text{A1.1})$$

for $G = 0$, ℓ_0 is established as 32.00 and $\log_2 \ell_0 = 5$.

$$G = +10.000 - 2 \log_2 \bar{\ell}_m \quad (\text{A1.2})$$

$$G = +10.0000 - 6.6439 \log_{10} \bar{\ell}_m \quad (\text{A1.3})$$

For microscopically determined grain sizes, $\bar{\ell}$ is in millimetres at 1X and:

$$G = -3.2877 - 6.6439 \log_{10} \bar{\ell} \quad (\text{A1.4})$$

$$G = -3.2877 + 2 \log_2 \bar{N}_L \quad (\text{A1.5})$$

$$G = -3.2877 + 6.6439 \log_{10} \bar{N}_L \quad (\text{A1.6})$$

If \bar{P}_L is determined instead of \bar{N}_L , substitute \bar{P}_L for \bar{N}_L in Eq A1.5 and Eq A1.6.

A1.3 Planimetric Method:

**Fuente: (EXTRACTO DE LA NORMA ASTM E-112 Standard Test
Methods for Determining Average Grain Size)**

Anexo A5

TABLA DE TRASFORMACION DE DUREZADUREZA

FIGURA 2.14 Diagrama para la conversión de varias escalas de dureza. Observe el rango limitado de la mayor parte de las escalas. Debido a los muchos factores involucrados, estas conversiones son aproximadas.

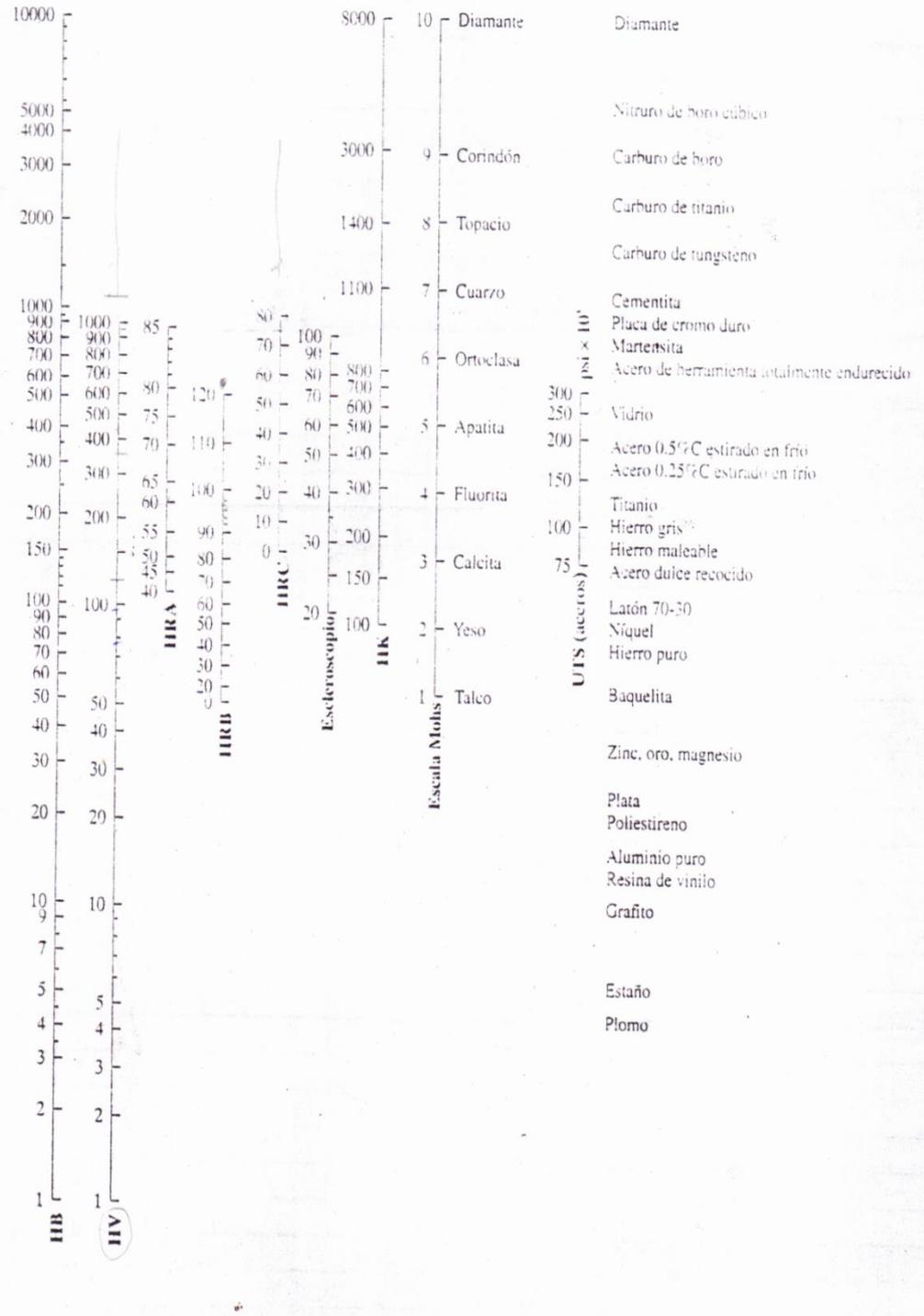


TABLA DE TRASFORMACION DE DUREZADUREZA

TABLE 2 Approximate Hardness Conversion Numbers for Non-Austenitic Steels (Rockwell B Hardness Range)^{A, B}

Rockwell B Hardness Number, 100-kgf (HRB)	Vickers Hardness Number (HV)	Brinell Hard- ness Number, 3000-kgf. (HBS)	Knoop Hard- ness Number, 500-gf. and Over (HK)	Rockwell A Hardness Number, 60-kgf. (HRA)	Rockwell F Hardness Number, 60-kgf. (HRF)	Rockwell Superficial Hardness Number			Rockwell B Hardness Number, 100-kgf. (HRB)
						15-T Scale, 15-kgf. (HR 15-T)	30-T Scale, 30-kgf. (HR 30-T)	45-T Scale, 45-kgf. (HR 45-T)	
100	240	240	251	61.5	...	93.1	83.1	72.9	100
99	234	234	246	60.9	...	92.8	82.5	71.9	99
98	228	228	241	60.2	...	92.5	81.8	70.9	98
97	222	222	236	59.5	...	92.1	81.1	69.9	97
96	216	216	231	58.9	...	91.8	80.4	68.9	96
95	210	210	226	58.3	...	91.5	79.8	67.9	95
94	205	205	221	57.6	...	91.2	79.1	66.9	94
93	200	200	216	57.0	...	90.8	78.4	65.9	93
92	195	195	211	56.4	...	90.5	77.8	64.8	92
91	190	190	206	55.8	...	90.2	77.1	63.8	91
90	185	185	201	55.2	...	89.9	76.4	62.8	90
89	180	180	196	54.6	...	89.5	75.8	61.8	89
88	176	176	192	54.0	...	89.2	75.1	60.8	88
87	172	172	188	53.4	...	88.9	74.4	59.8	87
86	169	169	184	52.8	...	88.6	73.8	58.8	86
85	165	165	180	52.3	...	88.2	73.1	57.8	85
84	162	162	176	51.7	...	87.9	72.4	56.8	84
83	159	159	173	51.1	...	87.6	71.8	55.8	83
82	156	156	170	50.6	...	87.3	71.1	54.8	82
81	153	153	167	50.0	...	86.9	70.4	53.8	81
80	150	150	164	49.5	...	86.6	69.7	52.8	80
79	147	147	161	48.9	...	86.3	69.1	51.8	79
78	144	144	158	48.4	...	86.0	68.4	50.8	78
77	141	141	155	47.9	...	85.6	67.7	49.8	77
76	139	139	152	47.3	...	85.3	67.1	48.8	76
75	137	137	150	46.8	99.6	85.0	66.4	47.8	75
74	135	135	147	46.3	99.1	84.7	65.7	46.8	74
73	132	132	145	45.8	98.5	84.3	65.1	45.8	73
72	130	130	143	45.3	98.0	84.0	64.4	44.8	72
71	127	127	141	44.8	97.4	83.7	63.7	43.8	71
70	125	125	139	44.3	96.8	83.4	63.1	42.8	70
69	123	123	137	43.8	96.2	83.0	62.4	41.8	69
68	121	121	135	43.3	95.6	82.7	61.7	40.8	68
67	119	119	133	42.8	95.1	82.4	61.0	39.8	67
66	117	117	131	42.3	94.5	82.1	60.4	38.7	66
65	116	116	129	41.8	93.9	81.8	59.7	37.7	65
64	114	114	127	41.4	93.4	81.4	59.0	36.7	64
63	112	112	125	40.9	92.8	81.1	58.4	35.7	63
62	110	110	124	40.4	92.2	80.8	57.7	34.7	62
61	108	108	122	40.0	91.7	80.5	57.0	33.7	61
60	107	107	120	39.5	91.1	80.1	56.4	32.7	60

Rockwell B Hardness Number, 100-kgf. (HRB)	Vickers Hardness Number (HV)	Brinell Hardness Number, 3000-kgf. 10-mm Ball	Knoop Hardness Number, 500-gf and Over	Rockwell A Hardness Number, 60-kgf. Diamond Penetrator	Rockwell F Hardness Number, 60-kgf. 1/16-in. (1.588-mm) Ball	Rockwell Superficial Hardness Number			Rockwell B Hardness Number, 100-kgf. 1/16-in. (1.588-mm) Ball
						15-T Scale, 15-kgf. 1/16-in. (1.588-mm) Ball	30-T Scale, 30-kgf. 1/16-in. (1.588-mm) Ball	45-T Scale, 45-kgf. 1/16-in. (1.588-mm) Ball	
59	106	106	118	39.0	90.5	79.8	55.7	31.7	59
58	104	104	117	38.6	90.0	79.5	55.0	30.7	58
57	103	103	115	38.1	89.4	79.2	54.4	29.7	57
56	101	101	114	37.7	88.8	78.8	53.7	28.7	56
55	100	100	112	37.2	88.2	78.5	53.0	27.7	55
54	...	...	111	36.8	87.7	78.2	52.4	26.7	54
53	...	...	110	36.3	87.1	77.9	51.7	25.7	53
52	...	...	109	35.9	86.5	77.5	51.0	24.7	52
51	...	...	108	35.5	86.0	77.2	50.3	23.7	51
50	...	...	107	35.0	85.4	76.9	49.7	22.7	50
49	...	...	106	34.6	84.8	76.6	49.0	21.7	49
48	...	...	105	34.1	84.3	76.2	48.3	20.7	48
47	...	...	104	33.7	83.7	75.9	47.7	19.7	47
46	...	...	103	33.3	83.1	75.6	47.0	18.7	46
45	...	...	102	32.9	82.6	75.3	46.3	17.7	45
44	...	...	101	32.4	82.0	74.9	45.7	16.7	44
43	...	...	100	32.0	81.4	74.6	45.0	15.7	43
42	...	...	99	31.6	80.8	74.3	44.3	14.7	42
41	...	...	98	31.2	80.3	74.0	43.7	13.6	41
40	...	...	97	30.7	79.7	73.6	43.0	12.6	40

Anexo A6

VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

α	0,10	0,05	0,025	0,010	0,005
ν					
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
Inf	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fuente: (Depool. P & Monasterio (2013). Probabilidad y Estadística UNEXPO, pág. 290-291)

