



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL BABBITT 83 EN EL  
TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA”**

**ZABALA CEPEDA HUGO FROILÁN**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-05-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**HUGO FROILÁN ZABALA CEPEDA**

---

Titulada:

**“PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL BABBITT 83 EN EL TALLER DE  
FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESCUELA  
SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y SUS APLICACIONES EN  
LA INDUSTRIA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. José Pérez Fiallos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marco Almendariz Puente  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** HUGO FROILÁN ZABALA CEPEDA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL BABBITT 83 EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA”

**Fecha de Examinación:** 2014-07-01

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. José Pérez Fiallos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marco Almendariz Puento ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Hugo Froilán Zabala Cepeda

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Flavio Zabala y María Cepeda, hermanos y demás familiares, en especial a la Familia del Lcdo. Delfín Samaniego (+) y la Sra. María Angélica Tamayo, que caminaron junto a mí brindándome constantemente su apoyo y comprensión.

**Hugo Froilán Zabala Cepeda**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A la Facultad de Mecánica por la apertura a la investigación.

Y en especial a mi familia y demás personas que de una y otro forma supieron aconsejarme en algunos de mis ganas de ser alguien en la vida.

**Hugo Zabala Cepeda**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO</b>	
2.1 Estaño.....	3
2.1.1 <i>Obtención</i> .....	3
2.1.2 <i>Características</i> .....	3
2.1.3 <i>Aplicación</i> .....	5
2.1.4 <i>Propiedades</i> .....	6
2.2 Cobre.....	6
2.2.1 <i>Obtención</i> .....	7
2.2.1.1 <i>Extracción de cobre a partir de menas sulfuradas</i> .....	7
2.2.1.2 <i>Extracción de cobre a partir de las minas de óxido: hidrometalurgia</i> .....	7
2.2.2 <i>Características</i> .....	7
2.2.2.1 <i>Características generales</i> .....	8
2.2.3 <i>Aplicación</i> .....	8
2.2.4 <i>Propiedades</i> .....	9
2.3 Antimonio.....	11
2.3.1 <i>Obtención</i> .....	11
2.3.2 <i>Características</i> .....	12
2.3.3 <i>Aplicación</i> .....	13
2.3.4 <i>Propiedades</i> .....	13
2.4 Plomo.....	14
2.4.1 <i>Obtención</i> .....	14
2.4.2 <i>Características</i> .....	15
2.4.3 <i>Aplicación</i> .....	16
2.4.4 <i>Propiedades</i> .....	17
2.5 Babbitt.....	18
2.5.1 <i>Obtención</i> .....	18
2.5.2 <i>Características</i> .....	21
2.5.3 <i>Propiedades</i> .....	22
2.6 El Babbitt en el campo industrial.....	23
2.6.1 <i>Introducción</i> .....	23
2.6.2 <i>Demanda del Babbitt</i> .....	25
2.6.3 <i>Necesidades del Babbitt</i> .....	26
2.6.4 <i>Aplicación</i> .....	26
2.7 Tipos de hornos que se utilizan para fundir materiales no ferrosos.....	26
2.7.1 <i>Clasificación de los hornos de fundición</i> .....	26
2.8 Tipos de hornos.....	29
2.9 Hornos utilizados para la obtención del Babbitt.....	32

<b>3.</b>	<b>OBTENCIÓN DEL BABBITT</b>	
3.1	Diagrama de flujo.....	34
3.2	Etapas del proceso de fundición.....	35
3.2.1	<i>Elaboración de la tecnología de fundición</i> .....	36
3.3	Seguridad en el taller de fundición.....	44
3.3.1	<i>Definición de seguridad</i> .....	44
3.3.2	<i>Definición de seguridad industrial</i> .....	44
3.3.3	<i>Beneficios de implementar normas de seguridad en el laboratorio de Fundición</i> .....	44
<b>4.</b>	<b>ESTUDIO DE LA DEMANDA INDUSTRIAL DEL BABBITT</b>	
4.1	Diagnóstico de las industrias que utilizan el babbitt.....	47
4.2	Determinación de la demanda industrial en la provincia.....	47
4.2.1	<i>Análisis de la demanda</i> .....	47
4.2.2	<i>Análisis de la encuesta</i> .....	47
4.2.3	<i>Formato de la encuesta</i> .....	47
4.2.4	<i>Resultados obtenidos de las encuestas realizadas fueron:</i> .....	48
4.3	<i>Hallando nuestra demanda</i> .....	53
4.4	Costos.....	54
4.4.1	<i>Costos directos</i> .....	54
4.4.2	<i>Costos indirectos</i> .....	55
4.4.3	<i>Costos totales</i> .....	55
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL BABBITT OBTENIDO</b>	
5.1	Preparación de la probeta metalográfica.....	56
5.2	Corte de la muestra.....	57
5.3	Montaje de probetas metalográficas.....	57
5.4	Desbaste de probetas.....	58
5.5	Pulido de probetas.....	58
5.6	Ataque metalográfico de probetas.....	59
5.7	Observación metalográfica.....	60
5.7.1	<i>Fotografía metalográfica</i> .....	60
5.7.2	<i>Estudio, análisis del babbitt obtenido</i> .....	61
5.7.3	<i>Análisis comparativo entre las fotografías metalográficas</i> .....	61
5.8	Ensayo de dureza Brinell.....	62
5.8.1	<i>Fórmula aplicada</i> .....	65
5.9	Ensayo de dureza Vickers.....	66
5.9.1	<i>Resultados finales</i> .....	67
5.10	Ensayos de tracción para barras de Babbitt.....	67
5.10.1	<i>Evaluación cualitativa de las probetas en base de estaño</i> .....	68
5.11	Normas de seguridad en el manejo de equipos y reactivos en el laboratorio.	70
5.11.1	<i>Equipos del laboratorio de metalografía</i> .....	70
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	75
6.2	Recomendaciones.....	76



**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Características del estaño.....	4
2 Características del cobre.....	9
3 Características del antimonio.....	12
4 Características del plomo.....	15
5 Presentación del Babbitt según norma ASTM en base de plomo.....	19
6 Presentación del Babbitt según norma ASTM en base de estaño.....	20
7 Porcentajes de los elementos para la fundición .....	38
8 Encuesta pregunta N°1.....	48
9 Encuesta pregunta N°2.....	49
10 Encuesta pregunta N°3.....	49
11 Encuesta pregunta N°4.....	50
12 Encuesta pregunta N°5.....	51
13 Encuesta pregunta N°6.....	51
14 Costos directos.....	54
15 Costos indirectos.....	55
16 Costos totales.....	55
17 Datos de los ensayos.....	68
18 Resultados del Babbitt 83 encontrado.....	69
19 Resultados de la aleación Babbitt 83 en base de estaño.....	70

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
1	Estaño.....	3
2	Cobre.....	6
3	Cara de la Estatua de la Libertad de Nueva York, hecha con láminas de cobre sobre una estructura de acero.....	10
4	Antimonio.....	11
5	Plomo al 100%.....	14
6	Bajorrelieve de plomo, en el Museo Cluny (París).....	15
7	Cojinetes de bancada.....	22
8	Partes de los hornos de crisol.....	28
9	Funcionamiento del horno de aire.....	29
10	Horno de reverbero.....	30
11	Horno eléctrico de arco.....	31
12	Diagrama de flujo.....	34
13	Diagrama completo para la obtención del Babbitt.....	36
14	Diagrama de fases.....	37
15	Balanza del laboratorio.....	39
16	Horno de fundición del Taller de Mecánica.....	40
17	Horno encendido.....	40
18	Horno en precalentamiento.....	41
19	Introducción de los materiales.....	41
20	Cuchara para recibir la colada de fundición.....	42
21	Lingote de Babbitt fundido.....	44
22	Pregunta N°1.....	48
23	Pregunta N°2.....	49
24	Pregunta N°3.....	50
25	Pregunta N°4.....	50
26	Pregunta N°5.....	51
27	Pregunta N°6.....	52
28	Probeta en preparación.....	56
29	Probetas para análisis.....	57
30	Desbaste de probetas.....	58
31	Pulido de probetas.....	59
32	Reactivos de ataque químico.....	59
33	Observación microscópica.....	60
34	Foto metalografía.....	61
35	Foto a 250X de aproximación del Babbitt.....	61
36	Comparación metalografía entre el Babbitt obtenido y uno que está en el mercado internacional.....	62
37	Durómetro.....	62
38	Aplicación del método para encontrar la dureza.....	63
39	Foto microscópica de la aplicación de la bola para medir la dureza.....	64
40	Ensayo de tracción.....	67
41	Ensayos de elasticidad.....	68
42	Fracturas de cuñas y desbaste de viruta del Babbitt.....	69

## SIMBOLOGÍA

K	Rigidez axial	Kg/mm
$M_{tx}$	Momento torsor	Kg/mm
$\tau_c$	Esfuerzo cortante	Kg/mm <sup>2</sup>
$S_R$	Carga de rotura a tracción	Kg/mm <sup>2</sup>
$S_{FR}$	Límite de fatiga	Kg/mm <sup>2</sup>
$S_t$	Deformación permanente	Kg/mm <sup>2</sup>
VI	Velocidad de incidencia	m/h
$V_p$	Velocidad de avance de producto	m/h
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /h

## LISTA DE ABREVIACIONES

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
SAE	Sociedad de Ingenieros de automoción
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ISO	Organización Internacional de Estandarización
OSHSAS	Serie de normas de Evaluación en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
BH	Brinell
HV	Vickers
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
AFS	Sociedad Americana de Fundidores
Lbf	Libras fuerza
RPM	Revoluciones Por Minuto
AISI	Instituto Americano del Hierro y del Acero
Mpa	Mega pascales

## LISTA DE ANEXOS

- A Tabla de dureza Vickers
- B Tabla de dureza Brinell
- C Composición nominal y propiedades mecánicas de algunas aleaciones al estaño
- D Tablas de equivalencia de dureza
- E Hoja de encuesta

## RESUMEN

En la presente Tesis de grado se consiguió producir un elemento para el recubrimiento superficial de partes mecánicas en este caso como son cojinetes de biela, bancada de automotores, barcos, trenes, sean pequeños o grandes, de turbinas que necesiten de este acabado para cumplir con sus funcionamientos, para esto se calificó a cada uno de los elementos utilizados para la elaboración del metal blanco o metales antifricción, en este caso denominado Babbitt dentro de la industria.

Se tuvo la necesidad de comprobar con productos que se encuentran en el mercado en este caso el ASTM B23 grado 3 a base de estaño así utilizándolos como patrón referencial para la aplicación de técnicas en el laboratorio tanto como el de materiales como el de fundición para poder producir esta aleación, partiendo de metales puros.

La calidad de los metales y sus propiedades físicas y químicas fueron determinadas con ayuda del microscopio óptico, análisis químico, ensayos de tracción, y dureza para mejorar las cualidades de los productos que se encuentran en el mercado.

Todas las acciones de producción fueron cuantificadas en dólares puesto que se demostró también que existen algunas ventajas económicas con respecto a los que se encuentran en el mercado con marcas registradas dando resultado un producto con mayor confiabilidad técnica y por supuesto hecho en la institución a la que represento en este caso la ESPOCH a su vez para esto se asumió conocimientos técnicos, artesanales y de ingeniería para poder producir el Babbitt.

## **ABSTRACT**

In the following undergraduate thesis it was possible to produce an element for the external coverage of mechanical parts such as main and rod car bearings, ships, small or big trains, in turbines which need these headliners to achieve their performance, in order to do this, each one of the elements used for the manufacturing of white metal or antifriction metals were qualified, in industrial terms it is called Babbitt.

It was necessary to test it with commercial products, in this case the ASTM B23 degree 3 based upon tin; using them as a reference pattern for the application of techniques in the materials and welding laboratories in order to produce this alloy, based on pure metals.

The quality of metals and their physical and chemical properties were determined by using an optical microscope, a chemical analysis, traction and hardness essays to improve the quality of the market products.

All the production actions were quantified in dollars since it was also proved that there are economical advantages compared to the ones found in the market as registered brands, giving as a result a product with higher technical reliability and made at ESPOCH. In order to produce Babbitt, technical, artisanal and engineering knowledge was applied.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la facultad de Mecánica tiene un laboratorio de fundición en el cual desde que fue creado se ha realizado experimentación que han servido como prácticas de laboratorio para los estudiantes de la Facultad de Mecánica, los mismos que han servido como medio para el fortalecimiento de los conocimientos teóricos adquiridos.

Las materias primas para efectuar dichos trabajos han sido hierro fundido, aluminio y bronce por lo cual se quiere alcanzar gracias a otros elementos la obtención del estudio que se ha presentado.

La prioridad de la Facultad de Mecánica establecer un proceso para la obtención del Babbitt, el cual debe cumplir con los parámetros técnicos especificados, con el fin de obtener un producto de muy buena calidad, esto se alcanzará a través de la correcta ejecución de los métodos de moldeo, parte fundamental en la fundición.

El Babbitt es uno de los metales denominados como antifricción cuyas aleaciones principales son Estaño, Plomo, Antimonio y Cobre. Existen 2 tipos de metales Babbitt; el primero tiene base de Estaño con más de un 50% de éste material y presenta buena adherencia sobre una base de hierro y tienen buena dureza en temperatura ambiente.

El segundo tipo, tiene base de Plomo y también posee más del 50% de este material.

Este tiene poca adherencia sobre la base de hierro y tiene menor dureza en temperatura ambiente, pero conforme se eleva su temperatura el descenso de sus propiedades físicas no es tan acentuado como el que tiene base de estaño.

## **1.2 Justificación**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desde su fundación se ha caracterizado por formar profesionales de excelencia en los campos académicos y competitivos en el ámbito laboral, aportando de esta forma al desarrollo provincial y del país.

La Facultad de Mecánica tiene como una de sus fortalezas contar con laboratorios y talleres, que brindan las facilidades para complementar los conocimientos adquiridos, logrando una formación integrada de los futuros profesionales que aquí se forman. Tener los laboratorios y sobre todo talleres donde el estudiante mejore sus destrezas es una ventaja, ya que simularía un ambiente de trabajo se puede decir real.

Este estudio y trabajo está enfocado para lograr un lineamiento para la obtención del Babbitt 83 mediante un correcto proceso de producción, el mismo que se desarrollará en el Laboratorio – Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica, en el que lograremos un estudio comparativo entre el Babbitt obtenido y las tablas de diferentes estudios existentes que se encuentran en el mercado, para de esta forma poder establecer un proceso de obtención.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Obtener el Babbitt 83 en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y determinar su aplicación en la industria.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Analizar el proceso para obtención del Babbitt 83 determinando las diferencias entre los que se encuentran en el mercado.

Determinar la aplicación del Babbitt 83 en la industria.

Realizar un análisis del elemento obtenido para verificar su composición y así tener óptimos estándares de calidad.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1 Estaño

Figura 1. Estaño



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos>

**2.1.1 Obtención.** El estaño según se obtiene del mineral casiterita en donde se presenta como óxido (óxido de estaño (IV) o dióxido de estaño). Dicho mineral se muele y se enriquece en dióxido de estaño por flotación, después se tuesta y se calienta con coque en un horno de reverbero con lo cual se obtiene el metal. (WIKIPEDIA.Org, 2013)

**2.1.2 Características.** Es un metal plateado, maleable, que no se oxida fácilmente y es resistente a la corrosión. Se encuentra en muchas aleaciones y se usa para recubrir otros metales protegiéndolos de la corrosión. Una de sus características más llamativas es que bajo determinadas condiciones forma la peste del estaño.

La llamada peste del estaño es un fenómeno muy particular de este elemento químico, el cual tiene una gran sensibilidad ante bajas temperaturas. Expuesto a la influencia de éstas, el estaño “enferma”. En lugar de blanco argénteo adquiere color gris, aumenta de volumen (alrededor de un 26%), comienza a desmenuzarse y con frecuencia se convierte en polvo.

Al doblar una barra de este metal se produce un sonido característico llamado grito del estaño, producido por la fricción de los cristales que la componen.

El estaño puro tiene dos variantes alotrópicas: El estaño gris, polvo no metálico, semiconductor, de estructura cúbica y estable a temperaturas inferiores 13,2 °C, que es muy frágil y tiene un peso específico más bajo que el blanco. El estaño blanco, el normal, el metálico, conductor eléctrico, de estructura tetragonal y estable a temperaturas por encima de 13.2 °C. (WIKIPEDIA.Org, 2013)

Tabla 1. Características del Estaño

Símbolo químico	Sn
Número atómico	50
Grupo	14
Periodo	5
Aspecto	gris plateado brillante
Bloque	p
Densidad	7310 kg/m <sup>3</sup>
Masa atómica	118.710 u
Radio medio	145 pm
Radio atómico	145
Radio covalente	180 pm
Radio de van der Waals	217 pm
Configuración electrónica	[Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>
Electrones por capa	2, 8, 18, 18, 4
Estados de oxidación	4,2
Óxido	Anfótero
Estructura cristalina	Tetragonal
Estado	sólido
Punto de fusión	505.08 K
Punto de ebullición	2875 K
Calor de fusión	7.029 kJ/mol
Presión de vapor	5,78·10 <sup>-21</sup> Pa a 505 K
Electronegatividad	1,96
Calor específico	228 J/(K·kg)
Conductividad eléctrica	9,17·10 <sup>6</sup> S/m
Conductividad térmica	66,6 W/(K·m)

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Estaño>

### 2.1.3 Aplicación

- Se usa como revestimiento protector del cobre, del hierro y de diversos metales usados en la fabricación de latas de conserva.
- También se usa para disminuir la fragilidad del vidrio.
- Los compuestos de estaño se usan para fungicidas, tintes, dentífricos ( $\text{SnF}_2$ ) y pigmentos.
- Se usa para hacer bronce, aleación de estaño y cobre.
- Se usa para la soldadura blanda, aleado con plomo.
- Se usa en aleación con plomo para fabricar la lámina de los tubos de los órganos musicales.
- En etiquetas.
- Recubrimiento de acero.
- Se usa como material de aporte en soldadura blanda con cautín, bien puro o aleado. La directiva RoHS prohíbe el uso de plomo en la soldadura de determinados aparatos eléctricos y electrónicos.
  
- El estaño también se utiliza en la industria de la cerámica para la fabricación de los esmaltes cerámicos. Su función es la siguiente: en baja y en alta es un pacificante. En alta la proporción del porcentaje es más alto que en baja temperatura.
  
- Es usado también en el sobre taponado de botellas de vino, en forma de cápsula. Su uso se extendió tras la prohibición del uso del plomo en la industria alimenticia. España es uno de los mayores fabricantes de cápsulas de estaño.

Las aleaciones con base de estaño, también conocidas como metales blancos, generalmente contienen cobre, antimonio y plomo. Estas aleaciones tienen diferentes propiedades mecánicas, dependiendo de su composición.

Algunas aleaciones de estaño, cobre y antimonio son utilizadas como materiales antifricción en cojinetes, por su baja resistencia de cizalla dura y su reducida adherencia.

Las aleaciones estaño y plomo se comercializan en varias composiciones y puntos de fusión, siendo la aleación eutéctica aquella que tiene un 61,9% de estaño y un 38,1% de plomo, con un punto de fusión de 183 °C. El resto de aleaciones estaño-plomo funden en un rango de temperaturas en el cual hay un equilibrio entre la fase sólida y la fase líquida durante los procesos de fusión y de solidificación, dando lugar a la segregación de la fase sólida durante la solidificación y, por tanto, a estructuras cristalinas diferentes.

La aleación eutéctica, que necesita menor temperatura para llegar a la fase líquida es muy utilizada en la soldadura blanda de componentes electrónicos para disminuir las probabilidades de daño por sobrecalentamiento de dichos componentes. Algunas aleaciones basadas en estaño y plomo tienen además pequeñas proporciones de antimonio (del orden del 2,5%).

**2.1.4 Propiedades.** El estaño pertenece al grupo de elementos metálicos conocido como metales del bloque p que están situados junto a los metaloides o semimetales en la tabla periódica.

Este tipo de elementos tienden a ser blandos y presentan puntos de fusión bajos, propiedades que también se pueden atribuir al estaño, dado que forma parte de este grupo de elementos. (WIKIPEDIA.Org, 2013)

## 2.2 Cobre

Figura 2. Cobre



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/cobre>

**2.2.1 Obtención.** El cobre está presente en la corteza terrestre principalmente en forma de minerales sulfurados como la calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) y calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). El contenido en cobre de estos minerales es bajo, alrededor de un 0.5% en minas a cielo abierto y hasta un 2% en minas subterráneas.

Según sea la mena, el proceso de extracción del cobre será diferente, así tenemos:

- Extracción de cobre a partir de menas sulfuradas (piro metalurgia)
- Extracción de cobre a partir de menas de óxido (hidrometalurgia).

**2.2.1.1 Extracción de cobre a partir de menas sulfuradas.** Alrededor del 90% del cobre que se produce en el mundo proviene de los minerales de sulfuro.

La extracción tiene cuatro etapas:

- Concentración por flotación
- Tostación
- Fusión de mata
- Afino

**2.2.1.2 Extracción de cobre a partir de las minas de óxido: hidrometalurgia.** Aunque el cobre se presenta más frecuentemente en la forma de sulfuros, también se presenta en forma oxidada como carbonatos, óxidos, silicatos y sulfatos, particularmente en África.

Estos minerales oxidados, cuando están presentes en cantidad suficiente en la mena, puede ser reducidos directamente a cobre impuro en el alto horno, como se hacía en el pasado.

Pero en la actualidad las menas que se explotan tienen una concentración muy baja de cobre, por lo que es necesario recurrir a otras técnicas como la lixiviación mediante ácido sulfúrico seguida por la precipitación o por la electrólisis del cobre de la solución. (WIKIPEDIA.Org, 2012)

**2.2.2 Características**

**2.2.2.1** *Características generales.* El cobre es un material muy apreciado por algunas de sus propiedades, que permiten su uso en diversos sectores, tanto en el campo industrial como en el campo de las comunicaciones.

Entre las características del cobre destacan las siguientes:

- El cobre es estético, dúctil y maleable: Ha sido utilizado para el arte, la escultura y la fabricación de armas desde el 400 .A.C. blando.
- El cobre tiene propiedades bactericidas: El cobre tiene una gran resistencia antimicrobiana. Ya en tiempos de los romanos se utilizaba para conductos de agua y utilizaban utensilios de cobre para cocinar.
- Conductividad térmica del cobre: el cobre es un excelente conductor del calor. Por ello es ampliamente utilizado en calefacción y algunos utensilios de cocina.
- El cobre puede alearse: Con otros metales para adecuar sus características al uso requerido.
- El cobre es un gran conductor eléctrico: Gran parte de los materiales eléctricos están hechos de cobre y por su capacidad en las transmisiones de datos.
- Resistencia ante la corrosión del cobre; Que lo hace susceptible de ser utilizado en muchos campos.

*Características físicas.* Las características físicas del cobre se la muestran en la Tabla 2.

**2.2.3** *Aplicación.* Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, el uso industrial del cobre es muy elevado.

Es un material importante en multitud de actividades económicas y ha sido considerado un recurso estratégico en situaciones de conflicto.



Tabla 2. Características del cobre

Número atómico	29
Valencia	1,2
Estado de oxidación	2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,38
Radio iónico (Å)	0,69
Radio atómico (Å)	1,28
Configuración electrónica	[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
Primer potencial de ionización (eV)	7,77
Masa atómica (g/mol)	63,54
Densidad (g/ml)	8,96
Punto de ebullición (°C)	2595
Punto de fusión (°C)	1083
Descubridor	Los antiguos

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>

**Cobre metálico.** El cobre se utiliza tanto con un gran nivel de pureza, cercano al 100%, como aleado con otros elementos.

**Cobre no metálico.** El sulfato de cobre (II) también conocido como sulfato cúprico es el compuesto de cobre de mayor importancia industrial y se emplea como abono y pesticida en agricultura, alguicida en la depuración del agua y como conservante de la madera.

Un pigmento muy utilizado en pintura para los tonos verdes es el cardenillo, también conocido en este ámbito como Verdi gris, que consiste en una mezcla formada principalmente por acetatos de cobre, que proporciona tonos verdosos o azulados. (WIKIPEDIA.Org, 2012)

#### 2.2.4 Propiedades

### *Propiedades físicas*

Figura 3. Cubierta del palacio de los deportes de México D. F. construida en 1968 con cobre expuesto a la intemperie.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>

Marco Almendariz comenta que el cobre posee varias propiedades físicas que propician su uso industrial en múltiples aplicaciones, siendo el tercer metal, después del hierro y del aluminio, más consumido en el mundo. Es de color rojizo y de brillo metálico y después de la plata, es el elemento con mayor conductividad eléctrica y térmica. Es un material abundante en la naturaleza; tiene un precio accesible y se recicla de forma indefinida; forma aleaciones para mejorar las prestaciones mecánicas y es resistente a la corrosión y oxidación.

***Propiedades mecánicas.*** Tanto el cobre como sus aleaciones tienen una buena maquinabilidad, es decir, son fáciles de mecanizar, el cobre posee muy buena ductilidad y maleabilidad lo que permite producir láminas e hilos muy delgados y finos, es un metal blando, con un índice de dureza 3 en la escala de Mohs (50 en la escala de Vickers) y su resistencia a la tracción es de 210 MPa, con un límite elástico de 33,3 MPa.

Admite procesos de fabricación de deformación como laminación o forja, y procesos de soldadura y sus aleaciones adquieren propiedades diferentes con tratamientos térmicos como temple y recocido. (ALMENDARIZ, 2013)

## 2.3 Antimonio

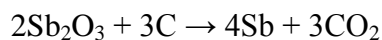
Figura 4. Antimonio



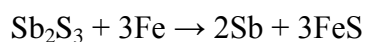
Fuente: <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/antimonio.htm>

**2.3.1 Obtención.** El antimonio se encuentra en la naturaleza en numerosos minerales, aunque es un elemento poco abundante. Aunque es posible encontrarlo libre, normalmente está en forma de sulfuros; la principal mena de antimonio es la antimonita (también llamada estibina),  $Sb_2S_3$ .

Mediante el tostado del sulfuro de antimonio se obtiene óxido de antimonio (III),  $Sb_2O_3$ , que se puede reducir con coque para la obtención de antimonio.



También se puede obtener por reducción directa del sulfuro, por ejemplo con chatarra de hierro:



Sus estados de oxidación más comunes son el 3 y el 5.

"Antimonio crudo" y "crudum" son términos aplicados al mineral que contiene más de 90% de antimonio, y al mineral del sulfuro licuado, que es esencialmente una mezcla del antimonio-sulfuro que contiene 70% o más antimonio.

El antimonio negro se oxida espontáneamente en aire y se convierte en el antimonio romboédrico ordinario o beta-antimonio. La cuarta forma alotrópica del antimonio es el antimonio explosivo que se forma a partir de la electrólisis del cloruro de antimonio.

Debido a su dureza, fragilidad, y carencia de la maleabilidad, el antimonio no tiene ninguna aplicación como metal por sí mismo a excepción de las cantidades pequeñas usadas para los bastidores ornamentales y los dispositivos de semiconductor. Sin embargo, es un componente de menor importancia en muchas aleaciones del plomo y estaño.

### 2.3.2 Características

*Características generales.* El antimonio en su forma elemental es un sólido cristalino, fundible, quebradizo, blanco plateado que presenta una conductividad eléctrica y térmica baja y se evapora a bajas temperaturas. Este elemento semimetálico se parece a los metales en su aspecto y propiedades físicas, pero se comportan químicamente como un no metal.

#### *Características físicas*

Tabla 3. Características del antimonio

Símbolo químico	Sb
Número atómico	51
Grupo	15
Periodo	5
Aspecto	gris plateado
Bloque	p
Densidad	6697 kg/m <sup>3</sup>
Masa atómica	121.760 u
Radio medio	145 pm
Radio atómico	133
Radio covalente	138 pm

Tabla 3. Continuidad

Configuración electrónica	[Kr]4d105s25p3
Electrones por capa	2, 8, 18, 18, 5
Estados de oxidación	+3, 5
Óxido	acidez media
Estructura cristalina	Romboédrica
Estado	sólido
Punto de fusión	903.78 K
Punto de ebullición	1860 K
Calor de fusión	19.87 kJ/mol
Presión de vapor	$2,49 \times 10^{-9}$ Pa a 6304 K
Electronegatividad	2,05
Calor específico	210 J/(K·kg)
Conductividad eléctrica	$2,88 \times 10^6$ S/m
Conductividad térmica	24,3 W/(K·m)

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Antimonio>

**2.3.3 Aplicación.** El antimonio tiene una creciente importancia en la industria de semiconductores en la producción de diodos, detectores infrarrojos y dispositivos de efecto Hall. Usado como aleante, este semimetal incrementa mucho la dureza y fuerza mecánica del plomo.

También se emplea en distintas aleaciones como peltre, metal antifricción (aleado con estaño), metal inglés (formado por zinc y antimonio), etc.

Algunas aplicaciones más específicas:

- Baterías y acumuladores
- Tipos de imprenta
- Recubrimiento de cables
- Cojinetes y rodamientos (LENNTECH.Es, 2013)

**2.3.4 Propiedades.** El antimonio forma parte de los elementos denominados metaloides o semimetales, este tipo de elementos tienen propiedades intermedias entre metales y no metales.

En cuanto a su conductividad eléctrica, este tipo de materiales al que pertenece el antimonio, son semiconductores.

El estado del antimonio en su forma natural es sólido. El antimonio es un elemento químico de aspecto gris plateado y pertenece al grupo de los metaloides. (WIKIPEDIA.Org, 2012)

## 2.4 Plomo

Figura 5. Plomo al 100%



Fuente: <http://www.estudiantes.info/tecnologia/metales/plomo.htm>

**2.4.1 Obtención.** El plomo es un elemento químico de la tabla periódica, cuyo símbolo es Pb (del latín *Plumbum*) y su número es 82 según la tabla actual, ya que no formaba parte en la tabla de Dimitri Mendeléyev.

Este químico no lo reconocía como un elemento metálico común por su gran elasticidad molecular. Cabe destacar que la elasticidad de este elemento depende de las temperaturas del ambiente, las cuales distienden sus átomos, o los extienden.

El plomo desplatado se libera del bismuto de acuerdo con el proceso Betterton-Kroll por tratamiento con calcio y magnesio metálico, que forma una escoria de bismuto que pueden ser removidas, se puede obtener plomo muy puro procesando electrolíticamente el plomo fundido mediante el proceso de Betts, dicho proceso utiliza ánodos de plomo

impuro y cátodos de plomo puro en un electrolito de fluoruro de sílice. (ESTUDIANTES.INFO/TECNOLOGÍA/METALES, 2012).

#### 2.4.2 Características

**Características Generales.** Marco Almendariz comenta que los compuestos de plomo más utilizados en la industria son los óxidos de plomo, el tetra etilo de plomo y los silicatos de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales, y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Es un metal pesado y tóxico, y la intoxicación por plomo se denomina saturnismo o plumbosis. (ALMENDARIZ, 2013).

Figura 6. Bajorrelieve de plomo, en el Museo Cluny (París).



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>

#### Características físicas

Tabla 4. Características del plomo

Símbolo químico	Pb
Número atómico	82
Grupo	14
Periodo	6
Aspecto	gris azulado
Densidad	11340 kg/m <sup>3</sup>

Tabla 4. Continuidad

Masa atómica	207.2 u
Radio de van der Waals	202 pm
Estados de oxidación	4, 2 (anfótero)
Estructura cristalina	cúbica centrada en las caras
Estado	sólido
Punto de fusión	600.61 K
Punto de ebullición	2022 K
Calor de fusión	4.799 kJ/mol
Presión de vapor	$4,21 \times 10^{-7}$ Pa a 600 K
Electronegatividad	2,33 (Pauling)
Calor específico	129 J/(kg·K)
Conductividad eléctrica	$4,81 \times 10^6$ m <sup>-1</sup> ·Ω <sup>-1</sup>
Conductividad térmica	35,3 W/(m·K)

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>

**2.4.3 Aplicación.** Como cubierta de cables, ya sea la de teléfono, de televisión, de internet o de electricidad, sigue siendo una forma de empleo adecuada.

La ductilidad única del plomo lo hace particularmente apropiado para esta aplicación, porque puede estirarse para formar un forro continuo alrededor de los conductores internos.

El uso del plomo en pigmentos sintéticos o artificiales ha sido muy importante, pero está decreciendo en volumen. Los pigmentos que se utilizan con más frecuencia y en los que interviene este elemento son:

- El blanco de plomo (conocido también como albayalde)  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$
- Sulfato básico de plomo
- El tetróxido de plomo también conocido como minio.
- cromitos de plomo.
- El silicatoeno de plomo (más conocido en la industria de los aceros blandos)



El litargirio(óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario.

**Efectos.** El plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida.

Esta es la razón por la que los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste de pH en agua que sirve para el uso del agua potable.

El plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser tomado en la comida, aire o agua.

El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia.
- Incremento de la presión sanguínea.
- Daño a los riñones.
- Aborto espontáneo
- Perturbación del sistema nervioso.
- Daño al cerebro
- Distintos tipos de cáncer.
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma.
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños.
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.
- Alteraciones graves en la propiocepción, equilibriocepción, nocicepción y electrocepción, magnetocepción, ecolocalización en ciertos animales.
- La formación de depósitos plúmbicos en las encías que forman una línea de color gris claro azulado llamada "la línea del plomo" o "la línea de Burton".

**2.4.4 Propiedades.** El plomo pertenece al grupo de elementos metálicos conocido como metales del bloque p que están situados junto a los metaloides o semimetales en la tabla periódica.

Este tipo de elementos tienden a ser blandos y presentan puntos de fusión bajos, propiedades que también se pueden atribuir al plomo, dado que forma parte de este grupo de elementos.

El número atómico del plomo es 82. El símbolo químico del plomo es Pb.

El punto de fusión del plomo es de 600,61 grados Kelvin o de 327,46 grados celsius o grados centígrados.

El punto de ebullición del plomo es de 20,2 grados Kelvin o de 1748,85 grados celsius o grados centígrados.

***Propiedades atómicas del plomo.*** La masa atómica de un elemento está determinada por la masa total de neutrones y protones que se puede encontrar en un solo átomo perteneciente a este elemento.

En cuanto a la posición donde encontrar el plomo dentro de la tabla periódica de los elementos, el plomo se encuentra en el grupo 14 y periodo 6.

El radio medio del plomo es de 1,0 pm, su radio atómico o radio de Bohr es de 1,4 pm, su radio covalente es de 1,7 pm y su radio de Van der Waals es de 2,2 pm. (ALMENDARIZ, 2013) (ESTUDIANTES.INFO/TECNOLOGÍA/METALES, 2012)

## **2.5 Babbitt**

**2.5.1 Obtención.** Metal Babbitt es un término genérico que se usa para designar la aleación antifricción de bajo punto de fusión, es decir se funden como superficies de cojinete o apoyo en tapas o respaldos de acero, bronce o hierro fundido.

Aunque se menciona en los requerimientos técnicos para la realización del trabajo el uso de “magnolia”, el término es muy genérico y se debe entender a nivel de ingeniería que los materiales que se usan son los de la Norma ASTM B23 y sus diferentes grados varían de acuerdo a su composición química y se dividen en dos grandes familias.

El nombre magnolia se hizo popular en el léxico de los mecánicos debido a la gran fama que adquirió un proveedor de este metal Babbitt el cual le puso su nombre comercial “magnolia” esto sucede en la época cuando se necesita mucho de este metal en la industria naval y de ferrocarriles, y con ello nace la confusión, para despejar cualquier duda citamos al metal blanco llamado “magnolia” el cual es solo en base de plomo y por cierto no consta en las normas Norteamericanas ASTM B23, SAE J460e ni QQ-T-390, su composición química en base de Pb es la que consta en la tabla y se compara con otras marcas conocidas internacionalmente.

En la tabla 5 se presentan las aleaciones comerciales en base de Sn. Y que sirven para ilustrar, que se trata de aleaciones normalizadas y que no tiene fórmulas secretas.

Tabla 5. Presentación de Babbitt según norma ASTM en base de plomo

<b>Nombre industrial</b>	<b>ASTM B23</b>	<b>Sn % (Estaño)</b>	<b>Sb % (Antimonio)</b>	<b>Pb % (Plomo)</b>	<b>As % (Arsénico)</b>
Número 13	Grado 13	5.5 - 6.5	9.5 - 10.5	Balance	0.25 (Máx.)
Ancla fresa	-	4.0 - 6.0	11.5 - 12.5	Balance	0.25 (Máx.)
Durite	Grado 15	0.8 - 1.2	14.5 - 17.5	Balance	0.8 - 1.4
Estrella -	-	5.0 - 5.5	13.5 - 14.5	Balance	0.30 - 0.60
Magnolia	-	2.0 - 4.0	13.0 - 15.0	Balance	0.30 - 0.60
Plata tono	-	1.0 - 3.0	17.5 - 18.5	Balance	0.25 (Máx.)
Real	Grado 8	4.5 - 5.5	14.0 - 16.0	Balance	0.30 - 0.60
Presión pesado	Grado 7	9.3 - 10.7	14.0 - 16.0	Balance	0.30 - 0.60
Sierra Guía especial	-	9.0 - 11.0	18.5 - 19.5	Balance	0.25 (Máx.)

Fuente: ASTM

Las principales aleaciones de metales blancos que aparecen en la tabla (metales Babbitt) preparadas a base de estaño y plomo se usan así:

Babbitt No. 1. Para cojinetes de motores de combustión interna. Es plástica y no se agrieta pero debe usarse una capa delgada vaciada sobre un respaldo de bronce o acero.

Babbitt No.2. Contiene más antimonio siendo un poco más duradero presenta menos probabilidades de formar rebordes.

Babbitt No.3. Es una aleación más dura siendo la de mejor comportamiento cuando se ha asentado, no debe usarse para ejes de acero dulce.

Babbitt No.4. Es un metal antifricción para usos generales en maquinaria, el precio es económico.

Tabla 6. Presentación de Babbitt según norma ASTM en base de estaño

<b>Nombre Industrial</b>	<b>ASTM B23</b>	<b>Sn % (Estaño)</b>	<b>Sb % (Antimonio)</b>	<b>Pb % (Plomo)</b>	<b>As % (Arsénico)</b>
Marina 11 D	-	90.0 - 92.0	4.5 - 5.5	3.5 - 4.5	0.35 (Máx.)
Número 1	Grado1	90.0 - 92.0	4.0 - 5.0	4.0 - 5.0	0.35 (Máx.)
Marina 11R	-	89.0 - 89.5	7.5 - 8.5	2.5 - 3.0	0.35 (Máx.)
Níquel genuino	Grado 2	88.0 - 90.0	7.0 - 8.0	3.0 - 4.0	0.35 (Máx.)
Marina 11	-	88.0 - 90.0	5.5 - 6.0	5.0 - 5.5	0.35 (Máx.)
4x Níquel genuino Real	-	87.5 - 89.5	7.25 - 7.75	3.25 - 3.75	0.35 (Máx.)
Gasóleo especial	-	87.5 - 88.0	6.5 - 7.0	5.0 - 6.0	0.35 (Máx.)
Numero 11	Grado 11	86.0 - 89.0	6.0 - 7.5	5.0 - 6.5	0.35 (Máx.)
SAE 11	-	85.0 - 87.0	7.0 - 8.0	6.0 - 7.0	0.35 (Máx.)
Imperial genuino	-	85.0 - 87.0	6.5 - 7.5	6.5 - 7.5	0.35 (Máx.)
Turbina	-	84.0 - 86.0	6.5 - 7.5	7.5 - 8.5	0.35 (Máx.)
Amateur real	-	83.5 - 84.0	8.0 - 8.5	7.5 - 8.5	0.35 (Máx.)
Estupendo resistente	Grado 3	83.0 - 85.0	7.5 - 8.5	7.5 - 8.5	0.35 (Máx.)

Fuente: ASTM

Las aleaciones número 5 y 6 contienen mayor porcentaje de plomo, por lo tanto no son recomendadas para trabajar como cojinetes en donde se eleve demasiado la temperatura.

Las aleaciones del No.7 al No.12 son todas en base de plomo siendo los metales antifricción más barato su aplicación es para servicio ligero y velocidades medias.

Los metales antifricción a base de cadmio tienen aplicación similar a la aleación cobre-plomo para servicio en motores de combustión interna con la ventaja que retienen más propiedades antifricción hasta temperaturas más altas, pero son más costosos.

**2.5.2 Características.** Metal Babbitt es término que se aplica en general a metales blandos compuestos de plomo y estaño, puede tener además pequeños porcentajes de antimonio, cobre y algunos compuestos de zinc y estaño.

Los materiales Babbitt se emplean preferencialmente de los bronce por que puedan servir de apoyo a árboles o ejes que giran a altas velocidades. Presentan excelente capacidad de penetración, muy buena condición de conformabilidad.

Muchas de las aleaciones a base de estaño a base de plomo pueden reemplazarse unas por otras, cuidando que las de base de estaño tienen mejor resistencia a la corrosión de los aceites ácidos. Se conocen como aleaciones o metales antifricción determinadas aleaciones más o menos complejas, empleadas para revestir cojinetes a los que se le proporciona cualidades muy superiores a las de metal base. Los metales más comúnmente usados en las aleaciones antifricción son: el estaño, plomo, cobre y antimonio.

Micro estructuralmente hablando, las aleaciones antifricción están formadas por un constituyente de gramos duros que esta englobado en la masa plástica formada por el otro constituyente.

El constituyente duro resiste el desgaste con un coeficiente de rozamiento reducido y el constituyente blando permite el ajuste automático del cojinete al eje y asegura un reparto equitativo de las cargas además, debe tener la capacidad de adherir a él partículas extrañas (polvo y suciedad del aceite) y soltar su lubricación, para que no produzca el desgaste natural de la matriz blanda.

**2.5.3 Propiedades.** Una aleación de metal blanco debe asegurar una baja fricción y capacidad para soportar la carga sin gripar, distorsionarse, fallar mecánicamente o sufrir corrosión.

Las propiedades requeridas son las siguientes:

- Plasticidad.
- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la corrosión para que no pierda calidad, si es atacado por los agentes corrosivos de los lubricantes o productos de combustión incorporados a ellos.
- Conductividad calorífica, para que disipe el calor producido en el rozamiento.
- Adherencia con el metal base (casquillo).
- Bajo coeficiente de rozamiento.
- Bajo punto de fusión.
- Deformabilidad con Incrustabilidad.

Figura 7. Cojinetes de bancada



Fuente: <http://www.tmcomas.com/es/cojinetes-antifriccion/>

Se puede afirmar que una aleación para cojinetes debe tener un límite elástico suficiente para evitar una deformación general, pero lo bastante bajo para permitir deformaciones locales, combinado con propiedades de resistencia a la fatiga tan elevadas como sea posible.

El resto de elementos de aleación puede variar según el material utilizado, provocando variaciones en sus propiedades, pero todas las aleaciones antifricción conservan las propiedades comunes de elevada ductilidad, colabilidad y resistencia a la corrosión. Las composiciones químicas para estas aleaciones se rigen por la norma ASTM B23.

## **2.6 El Babbitt en el campo industrial**

**2.6.1 Introducción.** Elementos mecánicos que permiten el libre movimiento entre piezas fijas y móviles. Los cojinetes de antifricción son esenciales para la maquinaria: sostienen o guían sus piezas móviles y reducen al mínimo la fricción y el desgaste. La fricción consume energía inútilmente y el desgaste altera las dimensiones y el ajuste de las piezas hasta la inutilización de la máquina.

*Materiales para cojinetes.* En el año 1839 se produjo un adelanto concreto e importantísimo en el perfeccionamiento de los materiales para cojinetes al obtener I. Babbitt la patente para los Estados Unidos de una aleación especial de metal. Esta aleación en su mayor parte de estaño, contenía pequeñas cantidades de antimonio, cobre y plomo. Con estas materias y otras similares se han logrado cojinetes excelentes. Tienen una apariencia plateada y son conocidos generalmente por metales blancos o metales Babbitt. Durante muchas décadas han servido de pauta y comparación para establecer la calidad de otros materiales para cojinetes.

Alrededor de 1930 empezaron a realizarse algunos progresos importantes en el campo de los metales para antifricción. En un solo cojinete se combinan hoy distintas composiciones que constituyen algunos de los sistemas más logrados. Este paso viene determinado por la teoría de la fricción, ampliamente aceptada, que dice que la substancia ideal para cojinetes debe tener cierta dureza y resistencia, pero también una superficie blanda fácilmente deformable.

El hierro fundido es uno de los materiales más antiguos para cojinetes. En la antigüedad ya se utilizaba en la India y en China. Con el advenimiento de maquinaria más compleja en la evolución industrial, el hierro fundido llegó a ser un material corriente para cojinete, y todavía se utiliza cuando se destina a un uso relativamente ligero.

Cuando, debido a la falta de espacio o inaccesibilidad para la lubricación, no son prácticos los Cojinetes normales de metal, se emplean con frecuencia cojinetes porosos.

Estos tienen vacíos del 16-36% de su volumen.

Estos huecos se llenan de lubricante por un sistema de vacío. Durante su funcionamiento proporcionan una cantidad ilimitada de lubricante a la superficie de frotamiento entre el gorrón y el soporte. Estos cojinetes son, en general, satisfactorios para cargas ligeras y velocidades moderadas.

Investigaciones recientes en ciertos campos han demostrado. Aunque parezca extraño, que materiales muy duros pueden tener características adecuadas para cojinetes en aplicaciones especiales. Se utilizan materiales como Stellite, Carboloy. Colmonoy, Hastelloy y Alundum, a causa de su dureza, estos cojinetes deben ser extremadamente suaves y su geometría perfecta, pues existen pocas posibilidades de que se corrijan faltas de alineación por desgaste

**Rodamientos.** La experiencia demuestra que la resistencia al rodamiento es mucho menor que la resistencia al deslizamiento. La carretilla de mano, la de equipajes de dos ruedas y aparatos semejantes son ejemplos evidentes de la reducción de fricción, con el uso de la rueda, las cajas pesadas y objetos similares se mueven fácilmente introduciendo rodillos bajo la base de sustentación de la carga mientras se empuja la cara u objeto, los egipcios al construir las pirámides, transportaron con rodillos enormes bloques de piedra desde la cantera al lugar de construcción, este principio, que ha tenido una enorme difusión, se usa en el cojinete de elementos rodantes o rodamiento.

La primera aplicación importante de estos cojinetes se hizo en la bicicleta y su empleo llegó al máximo poco antes del año 1900. En el desarrollo del automóvil los cojinetes de bolas y de rodillos resultaron ideales para muchas aplicaciones y hoy son ampliamente utilizados en casi toda clase de maquinaria.

Estos cojinetes pueden ser clasificados, de acuerdo con su función, en tres grupos: cojinetes radiales axiales o de empuje y de contacto angular.



Como la carga en un comete determina la intensidad del esfuerzo en las superficies de los aros de rodamiento y elementos rodantes, si se aumenta la carga disminuirá la duración del cojinete, y viceversa. Esto se acostumbra expresar con el siguiente enunciado: la vida del cojinete es inversamente proporcional al cubo de la carga. Así pues el doblar la carga reducirá la duración del cojinete ocho veces.

Los diferentes tipos de rodamientos se pueden identificar denominándolos según sus características más generales. Un cojinete libre o de tipo magneto *es* útil cuando se debe desmontar frecuentemente.

El aro de rodamiento exterior se introduce firmemente en el bastidor y el interior puede calarse al eje. Los cojinetes radiales de doble fila de bolas con gargantas profundas admiten cargas radiales y de empuje más pesadas que un cojinete simple de las mismas dimensiones. Los cojinetes interiores auto centrantes de doble fila se pueden usar para cargas radiales pesadas cuando se requiera la alineación automática. (ENGINEERING FOR A SMART PLANET, 2011)

**2.6.2 Demanda del Babbitt.** Tomando en cuenta los conceptos anteriores, las propiedades físicas más importantes en la selección de un metal antifricción o Babbitt, son las siguientes:

- Punto de cedencia al esfuerzo suficientemente alto para prevenir deformación general y suficientemente bajo para permitir deformaciones locales en los puntos de desgaste. (Debe combinarse con la resistencia a la fatiga más alta posible).
- La aleación debe tener buenas propiedades para el vaciado y la fusión, de tal manera que sea estable en su composición y que se adhiera firmemente en las paredes de acero u otros materiales base.
- Índice de concentración adecuadamente bajo al solidificar.
- Resistencia a los cambios en la temperatura de operación, de tal manera que no se alteren demasiado la dureza y otras propiedades mecánicas.
- Resistencia adecuada a la corrosión por el lubricante.

- La aleación debe tener resistencia adecuada al desgaste para el uso particular en el que será destinado, tomando en cuenta que la resistencia al desgaste no es una propiedad absoluta de un material, sino que depende también de otros factores como son: temperatura, lubricante, presencia de abrasivos y geometría de la superficie, además de los factores primarios, carga y velocidad.

**2.6.3 Necesidades del Babbitt.** El Babbitt 83 es uno de los metales denominados como antifricción cuyas aleaciones principales son Estaño, Plomo, Antimonio y Cobre.

Existen 2 tipos de metales Babbitt; el primero tiene base de Estaño con más de un 50% de éste material y presenta buena adherencia sobre una base de hierro y tienen buena dureza en temperatura ambiente.

El estudio que se hace de este producto es porque se ve la necesidad de requerimiento de este material que no se encuentra en de venta en ningún puesto de venta de aceros.

**2.6.4 Aplicación.** Entre las llamadas “aleaciones antifricción” más comerciales, tenemos el Babbitt a base de estaño (86 a 90% estaño, 4 a 9% antimonio, 4 a 6% cobre, 0.35 a 0.6% plomo), a base de plomo (75 a 80% de plomo, 9 a 15% antimonio, 4 a 10% estaño) entre otras, estas pueden tener muchas aplicaciones donde se requiera una superficie con altas resistencias al desgaste y que generen poca fricción entre dos metales en contacto.

Este es el caso de los cojinetes de deslizamiento que son componentes fundamentales de muchas de las máquinas que existen en la industria, como turbinas, motores de combustión interna, compresores, bombas, imprentas entre muchas otras.

## **2.7 Tipos de hornos que se utilizan para fundir materiales no ferrosos**

**2.7.1 Clasificación de los hornos de fundición.** Los hornos que se usan para fundir metales y sus aleaciones cambian mucho en capacidad y tamaño, varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen algunos kilogramos de metal a hornos de hogar abierto hasta 220 toneladas de capacidad.

El tipo de horno usado para un proceso de fundición se determina por los siguientes factores:

- La necesidad de fundir la aleación tan rápidamente como sea posible y elevarla a temperatura de vaciado requerida.
- La necesidad de mantener tanto la pureza de la carga, como precisión de su composición.
- La producción requerida del horno.
- El costo de operación del horno.

Los tipos de hornos que se usan en un proceso de fundición son:

- Horno de crisol (móvil, estacionario y basculante).
- Horno eléctrico.
- Horno por inducción.
- Horno de arco eléctrico.
- Horno basculante.

**Hornos de crisol.** En estos hornos se puede fundir el metal, sin estar en contacto directo con los gases de combustión y por eso algunas veces se los denomina hornos calentados indirectamente.

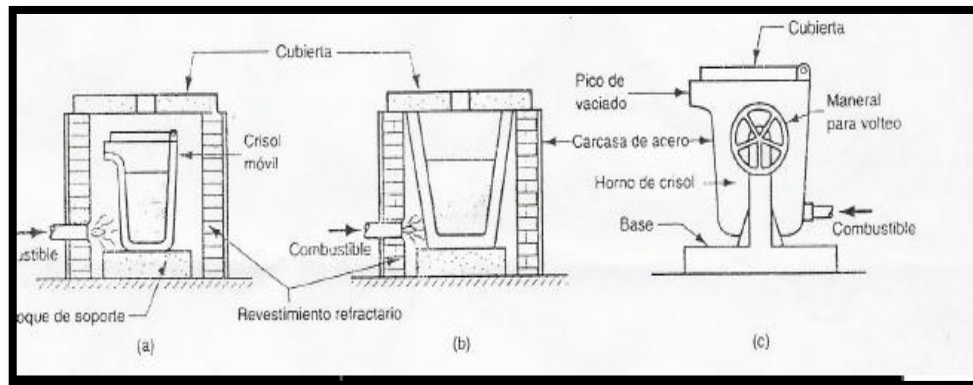
Hay 3 tipos de hornos de crisol que se usan en el taller de fundición:

**Horno de crisol móvil.** El crisol se coloca en el horno que usa aceite, gas o carbón pulverizado para fundir la carga metálica, cuando el metal se funde, el crisol se levanta del horno y se usa como cuchara de colada.

**Horno de crisol estacionario.** En este caso el crisol permanece fijo y el metal fundido se saca del recipiente mediante una cuchara para posteriormente llevarlo a los moldes.

**Horno de crisol basculante.** El dispositivo entero se puede inclinar para vaciar la carga, se usan para metales no ferrosos como el bronce, el latón y las aleaciones de zinc de aluminio.

Figura 8. Partes de los hornos de crisol



Fuente: Pérez J. Libro de Fundición

**Hornos eléctricos.** La carga se funde por el calor que genera los tres electrodos gigantes, el consumo de potencia es alto y pueden diseñarse para altas capacidades de fusión y se funde principalmente acero, una vez que el material está fundido estos hornos se inclinan para vaciar el acero fundido dentro de un tipo de olla en la cual se enfría.

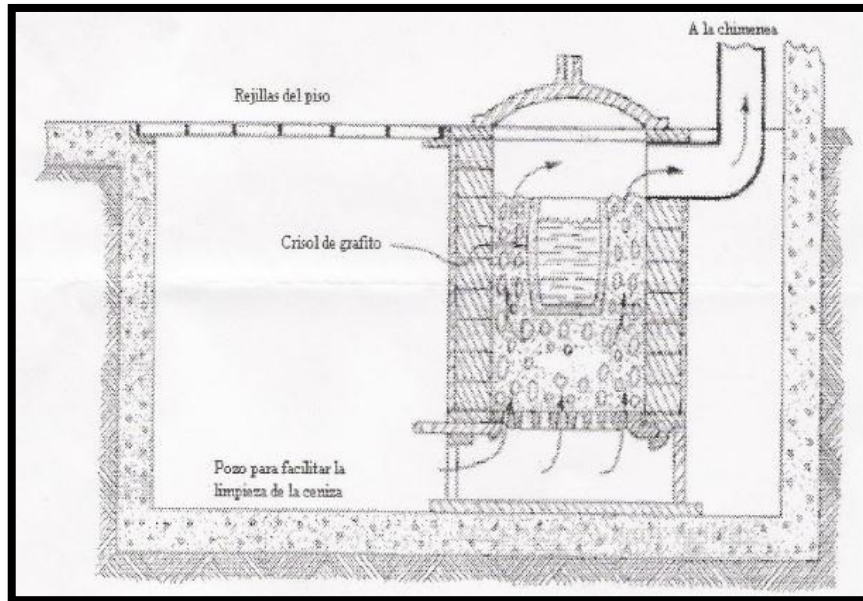
**Horno basculante.** Son hornos móviles apoyados sobre un sistema de sustentación, usualmente se les utiliza cuando es necesaria una producción relativamente grande de una aleación determinada, luego el metal es transferido a los moldes en una cuchara, con la excepción de casos especiales en que es vaciado directamente, la desventaja de este horno es que el punto de descarga acompaña el movimiento basculante.

**Hornos por inducción.** Usa corriente alterna a través de una bobina que genera un campo magnético en el metal, esto causa un rápido calentamiento y la fusión del metal de alta calidad y pureza. Estos hornos se usan para casi cualquier aleación cuyos requerimientos sean importantes.

**Horno rotativo.** Se compone de una envuelta cilíndrica de acero, revestido con material refractario puede girar lentamente alrededor de su eje principal este horno es usado para la fundición de cobre, bronce, latón y aluminio.

**Hornos de aire.** Está integrado por un crisol de arcilla y de grafito los que son extremadamente frágiles, estos crisoles se colocan dentro de un confinamiento que puede contener algún combustible sólido como carbón o los productos de la combustión.

Figura 9. Funcionamiento del horno de aire



Fuente: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tipos-De-Hornos-De-Fundicion/645614.htm>

## 2.8 Tipos de hornos

Tipos de hornos para fundición de metales.

Los hornos industriales son equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente.

El objeto de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Fundir.
- Ablandar para una operación de conformación posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades.
- Recubrir las piezas con otros elementos, operación que se facilita frecuentemente operando a temperatura superior a la del ambiente.

Los hay de diferentes tipos; de cubilote, de reverbero, rotativos, eléctricos, eléctricos de inducción, eléctricos de resistencia, eléctricos de arco, basculantes, entre otros.

**Cubilotes.** Los cubilotes son hornos cilíndricos verticales compuestos de una envoltura de chapa de acero dulce de 5 a 10mm de espesor, con un revestimiento interior de mampostería refractaria de unos 250mm de espesor.

El cubilote termina con una cámara también cilíndrica pero de menos diámetro, denominada cámara de chispas, donde se precipitan las partículas incandescentes que arrastran los gases y que podrían producir incendios en los edificios vecinos, permite alcanzar temperaturas hasta de 1500°C, lo que facilita la obtención de fundiciones blancas y especiales y las adiciones en el canal y en la cuchara de coladas además de que se ahorra combustible.

### ***Hornos de reverbero***

Figura 10. Horno de reverbero



Fuente: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tipos-De-Hornos-De-Fundicion/645614.htm>

Los hornos de reverbero se utilizan para la fundición de piezas de grandes dimensiones, tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre latón, bronce y aluminio.

Los hornos de reverbero son de poca altura y gran longitud. En uno de los extremos se encuentra el hogar donde se quema el combustible, y en el extremo opuesto la

chimenea. Las llamas y productos de la combustión atraviesan el horno y son dirigidos, por la bóveda de forma adecuada hacia la solera del horno, donde está situada la carga del metal que se desea fundir.

### ***Hornos eléctricos de arco***

Figura 11. Horno eléctrico de arco



Fuente: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tipos-De-Hornos-De-Fundicion/645614.htm>

Se emplean para la fusión de acero, fundición de hierro, latones, bronce, aleaciones de níquel, etc. Formados por una cuba de chapa de acero revestida de material refractario, provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo.

Los electrodos de carbón amorfo se forman en el mismo horno, llenando las camisas que llevan los porta electrodos de una mezcla formada por antracita, cok metalúrgico, cok de petróleo y grafito amasados con alquitrán, el cierre de estos hornos es hermético, logrando la estanqueidad de los orificios de paso, por medio de cilindros refrigerados por camisas de agua, que prolongan además la vida de los electrodos.

Los hornos modernos trabajan a tensiones comprendidas entre los 125 y 500 voltios, obteniéndose dentro de cada tensión la regulación de la intensidad y, por tanto, de la potencia del horno, por el alejamiento o acercamiento de los electrodos al baño, lo que se realiza automáticamente. Casi todos los hornos de este tipo son basculantes para

facilitar la colada. Los más modernos llevan un sistema de agitación electromagnética del baño por medio de una bobina montada bajo la solera del horno.

***Hornos eléctricos de inducción.*** En los hornos eléctricos de inducción, el calor se genera por corrientes inducidas por una corriente alterna.

Se distinguen tres clases de hornos de inducción:

- Hornos de baja frecuencia.
- Hornos de alta frecuencia.

***Hornos electrónicos.*** En los hornos electrónicos el calor se produce por la vibración molecular del cuerpo que se trata de calentar cuando es sometido a un fuerte campo de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia (frecuencias de radio). Estos hornos también denominados de pérdidas dieléctricas, se emplean para aplicaciones para las que sus cualidades específicas los hagan muy superiores, desde el punto de vista técnico, a los demás hornos, compensando así el mayor coste de la fusión.

***Hornos eléctricos de resistencia.*** En los hornos eléctricos de resistencia, el calor está producido por el efecto Joule al circular una corriente eléctrica por una resistencia. Se fabrican dos clases de hornos de este tipo para fusión de metales, que son los siguientes:

## **2.9 Hornos utilizados para la obtención del Babbitt**

Usado para la fusión:

Caballero en sus escritos habla de los hornos que se usan para fundir aleaciones varían mucho en capacidad y diseño. Varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen unos cuantos kilogramos de metal a hornos de hogar abierto hasta 200 toneladas de capacidad.

El tipo de horno usado para un proceso de fundición queda determinado por los siguientes factores:



- Necesidades de fundir la aleación tan rápidamente como sea posible y elevarla a la temperatura de vaciado requerida.
- La necesidad de mantener tanto la pureza de la carga, como precisión de su composición.
- La producción requerida del horno.
- El costo de operación del horno.

***Los hornos para fusión de metales.*** Pueden clasificarse convenientemente en cuatro grupos principales, según el grado de contacto que tenga lugar entre la carga y combustible o sus productos de combustibles.

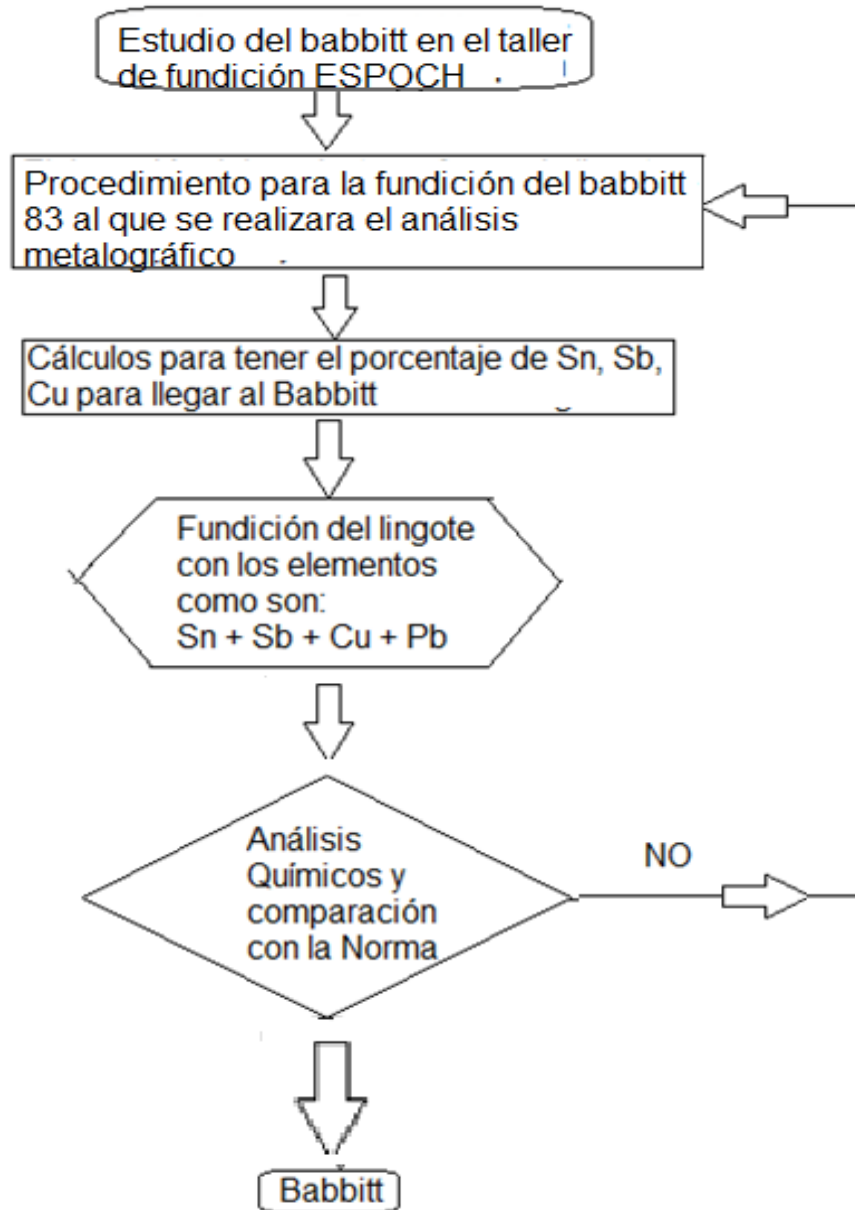
- Hornos en los cuales la carga se encuentra en contacto íntimo con el combustible y los productos de combustión. El horno más importante en este grupo es el de cubilote.
- Hornos en los que la carga está aislada del combustible pero en contacto con los productos de la combustión. Este tipo de hornos es el horno hogar abierto para la fabricación de acero.
- Hornos en que la carga se encuentra aislada tanto del combustible como de los productos de la combustión. El principal es el horno que se emplea un crisol que puede calentarse ya sea por coque, gas o petróleo.
- Hornos eléctricos. Pueden ser de tipo de acero o de inducción. (CABALLERO, 1983)

## CAPÍTULO III

### 3. OBTENCIÓN DEL BABBITT

#### 3.1 Diagrama de flujo

Figura 12. Diagrama de flujo.



Fuente: Autor

Se abordan las etapas principales del proceso de fundición. Se dan criterios sobre la elaboración de la tecnología de fundición y la plantilla. Se detalla en la preparación de las mezclas para moldes y machos, tanto en lo referido a sus composiciones, como en lo relacionado a su preparación; así como en el proceso de moldeo propiamente dicho.

Biedermann menciona que la fundición es el procedimiento más antiguo para dar forma a los metales. Fundamentalmente radica en fundir y colar metal líquido en un molde de la forma y tamaño deseado para que allí solidifique.

El desarrollo en la obtención de productos fundidos se manifestó tanto en Europa como en Asia y África. Los romanos explotaron yacimientos de hierro en Estiria (Australia) de donde obtenían el metal para sus armas, instrumentos de trabajo y de uso doméstico. (BIEDERMANN, 1957)

### **3.2 Etapas del proceso de fundición**

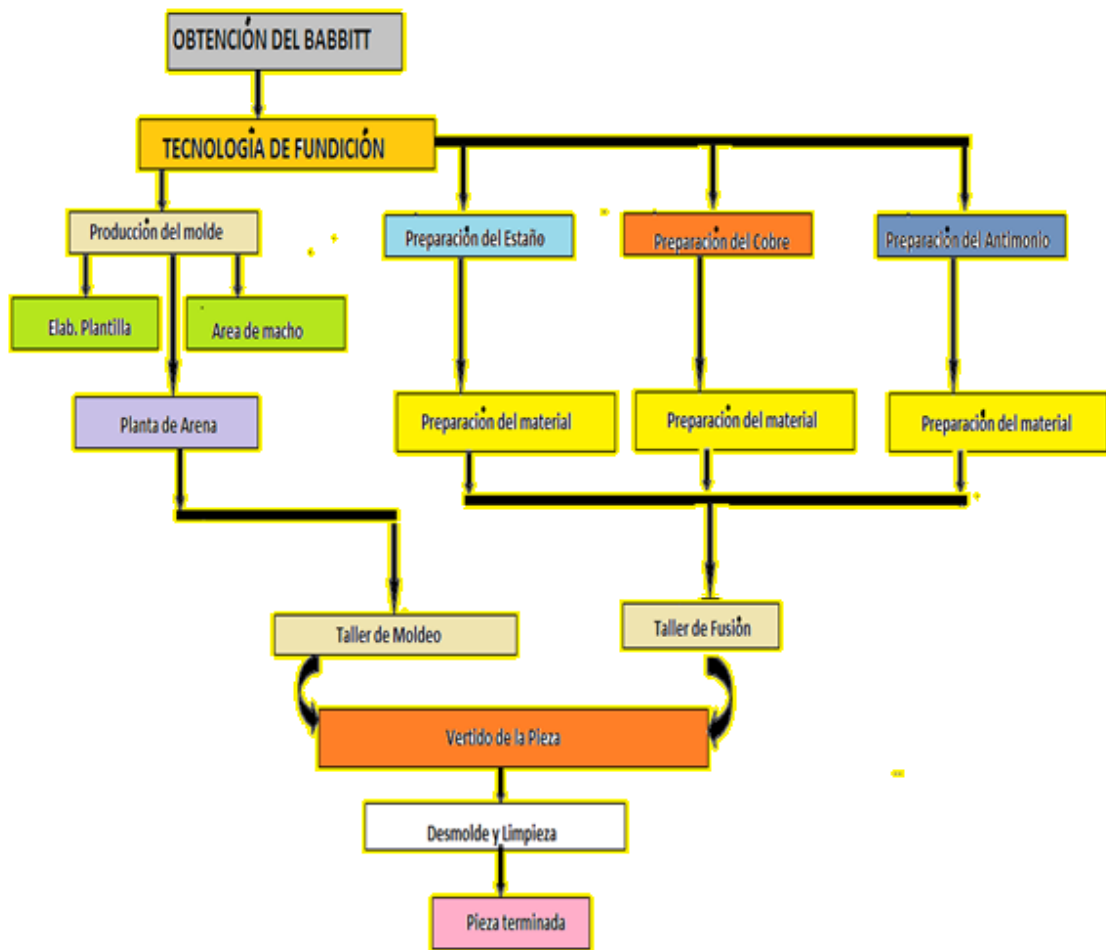
Caballero menciona en su libro la posibilidad de fundir un metal o una aleación depende de su composición, temperatura de fusión y tensión superficial del metal fundido.

En este trabajo se utiliza el método de fundición en lingote pues es el método más utilizado en el taller de fundición de la Planta Mecánica, hay que destacar que el proceso de obtención de pieza por fundición por diferentes procesos los cuales son:

- Preparación de mezcla.
- Moldeo se hace en lingotes.
- Fusión.
- Vertido.
- Desmolde, limpieza, acabado.

Cada uno de ellos dispondrá de su respectiva tecnología y se desarrollaran como dos flujos de producción paralelos los cuales en determinado momento se unirán para darle forma y terminación a la pieza como se demuestra en el siguiente diagrama de procesos. (CABALLERO, García, 1970)

Figura 13. Diagrama completo para la obtención del Babbitt.



Fuente: Autor

**3.2.1 Elaboración de la tecnología de fundición.** Esta etapa resulta fundamental en la posterior obtención de un semiproducto sano. En el diseño de la tecnología, se debe valorar, la posibilidad de obtener la pieza fundida de la forma más económica, para ello se debe seleccionar el método de moldeo más correcto en dependencia del material y condiciones de trabajo de la pieza.

**Moldeo.** Es una de las áreas más compleja del proceso, en ella se elaboran se elaboran los moldes y los machos. Se pintan y se ensamblan dejándolos listos para el vertido del metal. (CABALLERO, 1983)

**Selección de la materia prima.** Se procede a verificar los diferentes elementos que van a estar presentes en la fusión para la obtención del Babbitt, en este caso tenemos estaño con una pureza del 85%, el cobre al 8%, el antimonio con el 6% y el plomo con un

mínimo porcentaje en este caso el 0.075%, además hemos establecido los valores de temperaturas en grados °C para un mejor entendimiento. Para esto la fórmula siguiente:

$$\text{Temperatura (K)} = \text{temperatura (°C)} + 273,15 \quad (1)$$

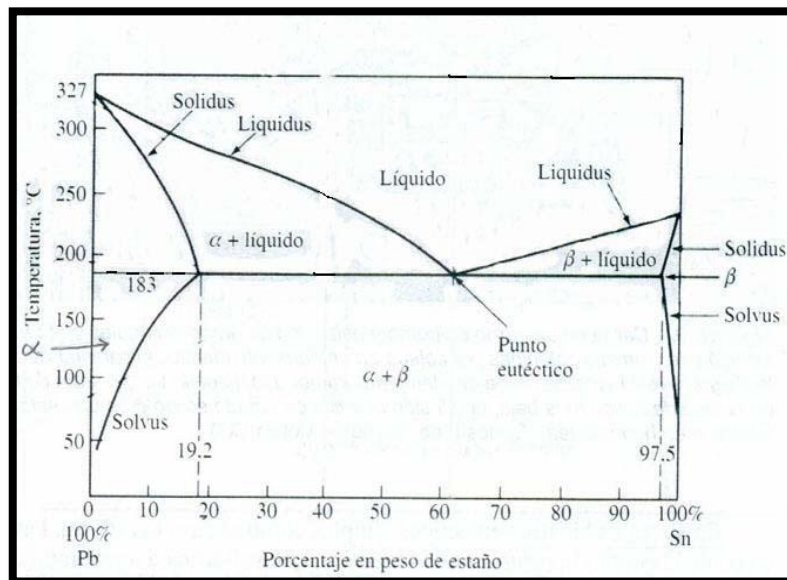
Dónde despejando tenemos:

$$\text{Temperatura (°C)} = \text{temperatura (K)} - 273,15$$

En las sustancias puras, el proceso de fusión ocurre a una sola temperatura y el aumento de temperatura por la adición de calor se detiene hasta que la fusión es completa.

Marco Almendariz dice que la variación periódica de esta propiedad puede apreciarse con mucha facilidad en la gráfica en la que se observa que los elementos de transición poseen puntos de fusión más elevados que el resto de los elementos químicos, a excepción del carbono cuyo elevado punto de fusión (3800 K) es debido a la estructura de su red cristalina. (ALMENDARIZ, 2013)

Figura 14. Diagrama de fases



Fuente: <http://cosmolinux.no-ip.org/uned/unedcurset22.html>

**Preparación de la materia prima.** Una vez que se tiene todos los elementos que intervienen para la obtención del Babbitt se procede a la cuantificación de cada uno, de acuerdo a la Tabla siguiente:

Tabla 7. Porcentajes de los elementos para la fundición

Elemento	Participación %	% Utilizado	Cantidad utilizado en (g)
Sn	81 – 89	85	906
Cu	5 – 10	8	85.270
Sb	5 – 8	6	63.952
Pb	0.05 – 1	1	0.778

Fuente: Autor

Para empezar tenemos que transformar todos los valores de porcentajes a masa en gramos para de esa forma manipularlos, en total tenemos 1 kilo de Babbitt (BASE Sn).

Como la masa de estaño es la mayor se nos hace fácil con una sola iteración, entonces ahora la masa de 906 gramos de estaño pasa a ser nuestro nuevo porcentaje de 85% por lo que de esta manera ya sabremos cuanto es nuestro incremento de los elementos de antimonio y cobre con una regla de tres simple encontramos los pesos requeridos los valores se representan a continuación y son los que se deben considerar para hacer un nuevo producto, para obtener la cantidad en peso de cada uno de los elementos se ha tomado como referencia el porcentaje del estaño con el 85% igual a 906g; y se aplicó una regla de tres simple.

$$\frac{B}{A} = \frac{Y}{X} = k$$

(2)

$$\frac{B(Sn)}{A(Cu)} = \frac{Y(\%Sn)}{X(\%Cu)} = k$$

$$Cu = \frac{Sn \times \%Cu}{\%Sn}$$

$$Cu = \frac{906g \times 8\%}{85\%} = 85.270g; \quad Cu = 85.270g$$

Ecuación del nuevo producto en porcentajes:

$$85Sn + 8Cu + 6Sb + 1Pb = 100SnCuSbPb$$

Figura 15. Balanza del laboratorio



Fuente: Autor

*Preparación del horno de crisol para la obtención del Babbitt.-* El horno que se encuentra en el taller de fundición tiene una capacidad de 100 puntos lo que equivale a 1 punto = 1Kg Cu tiene un quemador de  $\frac{1}{2}$  Hp es un quemador con fuente trifásica, el cual es abastecido por el combustible en este caso diesel la cual es encendida por medio de un mechero con una boquilla regulable, la cual está dirigida a la base del horno, el cual está construido con paredes de ladrillo refractario, tiene un boca de salida del material fundido, tiene movimiento rotación por medio de engranajes en su parte inferior la cual facilita el desalojo del material a las cucharetas de enfriamiento.

Para poder verter el metal en los moldes el metal debe pasar por un proceso de fusión en el cual se le elevará la temperatura hasta su punto de fusión llevándolo a un estado líquido y suministrándole determinados elementos los cuales llevaran a la obtención de la aleación requerida. Un factor determinante en este proceso es la elección del horno.

Una vez que la materia prima esta lista procedemos, procedemos a preparar el horno de la siguiente manera.

1. Se carga combustible en el tanque reservorio (1 caneca de diesel).

Figura 16. Horno de fundición del Taller de Mecánica



Fuente: Autor

2. Se enciende, y se deja que se precaliente aproximadamente por una hora.

Figura 17. Horno encendido



Fuente: Autor



3. Se limpia las escorias y residuos de fundiciones anteriores tanto en frio como en caliente.

Figura 18. Horno en precalentamiento



Fuente: Autor

*Introducción de los materiales menos fungibles en el horno*

Figura 19. Introducción de los materiales.



Fuente: Autor

Luego de que el horno se a precalentado se procede a colocar la primera carga de en este caso del material menos fungible que es el cobre, el cual tiene un punto de fusión de 1083 °C.

*Introducción de los materiales más fungibles.*- Como siguiente paso y una vez que se ha fundido el cobre (una hora y media), procedemos a colocar la segunda carga de materiales entre los cuales están el estaño con un punto de fusión de 232 °C, el plomo con un punto de fusión de 327 °C, y el antimonio con un punto de fusión de 630.63 °C.

*Preparación de la cuchara para recibir la colada.*- En la tecnología de vertido se tomarán en cuenta aspectos como el tipo de cuchara, temperatura de vertido, tiempo de mantenimiento del metal liquido en la cuchara y las particularidades de fundición de las aleaciones.

Para el vertido o llenado de los moldes se utilizan las denominadas cucharas de colada las cuales presentan determinadas clasificaciones en el caso de nuestra tecnología será:

Figura 20. Cuchara para recibir la colada de fundición



Fuente: Autor

La cuchara se seca y se calienta con la fundición, al preparar la misma se eliminan de las paredes y el fondo de ésta los lodos de escoria y metal de anteriores fundiciones.

Durante la fundición la cuchara se mantiene en la boca del horno para fundir en el mismo.

*Colado del material líquido en el molde.* Las pérdidas de temperatura de la fundición durante el vaciado del horno, la transportación y el vertimiento de una cuchara a otra, si esto está previsto, debe tenerse en cuenta. Al vaciar la fundición del horno de crisol las pérdidas de temperatura constituyen 20-40°C, y al verterse de una cuchara a otra 30-50° C.

Al vaciar el metal en los moldes se deben observar estrictamente las medidas de seguridad:

1. Las cucharas se deben llenar con metal no más de 7/8 de altura.
2. La cuchara con más de 500 kg de capacidad debe estar dotada de un mecanismo para la inclinación y el giro con transmisión a tornillo sin fin y auto frenado; el mecanismo de giro debe estar protegido con una cubierta.
3. Las vías de rieles, por las cuales se desplazan las cucharas con el metal fundido deben ser estrictamente horizontales.
4. Los pasillos deben estar secos puesto que al caer metal líquido al piso húmedo puede ocurrir una explosión.
5. En el caso de la pieza a tratar al ser suministradas por fundición, en bruto, es necesario maquinarla para eliminar las desviaciones que puedan presentar, producto de las contracciones del material durante el proceso de fundición y la posterior normalización a que son sometidos.

El enfriamiento del producto se realizará al aire libre en el molde que se fabricó en forma de lingote a su vez también se hará el desmoldeo rápido y directo para la cual se

necesito guantes un martillo para remover a golpe tenue en los lados del molde hasta que caiga el producto requerido.

Figura 21. Lingote de Babbitt fundido



Fuente: Autor

### **3.3 Seguridad en el Taller de Fundición**

**3.3.1** *Definición de seguridad.* Es la condición de estar libre de cualquier tipo de riesgo que traiga consigo un daño que sea inaceptable para la salud o integridad física de las personas.

**3.3.2** *Definición de seguridad industrial.* Son las condiciones ambientales y factores negativos que inciden en el bienestar de los empleados, trabajadores temporales, personal contratista, estudiantes, visitantes y otra persona en el sitio de trabajo.

**3.3.3** *Beneficios de implementar normas de seguridad en el Laboratorio de Fundición.*

Algunos de los beneficios que se pueden obtener aplicando algunas normas (OHSAS 18001, ISO) son:

- Reducir el número de personas accidentadas mediante la prevención y control de riesgos en el lugar de trabajo.
- Reducir el riesgo de accidentes de gran envergadura.
- Asegurar una fuerza de trabajo calificado y motivado a través de la satisfacción de sus expectativas de empleo y estudio.
- Reducción del material perdido a causa de accidentes e interrupciones de producción no deseadas en grandes industrias.
- Posibilidad de integración de un sistema de gestión que incluye calidad, ambiente, salud y seguridad.

Para lograr la seguridad industrial requerida en un lugar específico, primero se determina los riesgos existentes y para esto seguiremos algunos diagramas que se encuentran en el taller de fundición, especificando los peligros en cada uno de los diferentes procesos que aquí se realicen.

Dentro del Laboratorio de Fundición, los procesos requieren un análisis cauteloso para identificar los peligros que significa el estar en contacto con altas temperaturas y reacciones térmicas complejas. Los accidentes suscitados no se los archivan, esta es la razón para no tener datos estadísticos que revelen el sitio con mayor riesgo.

El análisis se debería realizar en:

- Moldeo
- Fusión
- Colado

En el taller de fundición no se han realizado en forma periódica inspecciones y evaluaciones técnicas, convenientes para determinar los riesgos existentes dentro de los diferentes procesos que se realizan.

Las recomendaciones y sugerencias que se han proporcionado a los docentes y alumnos se les han dado en forma general, sin analizar los potenciales riesgos que existen dentro de las diferentes áreas del laboratorio.

Para esto debemos dar algunas recomendaciones generales:

- Las diferentes áreas que han sido inspeccionadas necesitan de mayor señalización.
- Existe señalización que necesita de reubicación dentro del laboratorio, pues la visibilidad de los actuales carteles es inadecuada por la ubicación y/o el tamaño de los mismos.
  
- Las señales deben tener especificaciones según las normas internacionales.
- Para que el sistema de protección contra incendios que se encuentra instalado por medio de extintores tenga éxito en su implementación; debe estar ubicado correctamente.
  
- El correcto uso de los EPP (Elementos de Protección Personal).
- Tener una distancia prudente de los hornos cual sea ocupado.
- Tener una ventilación adecuada de esta manera se minimizara el contacto con los contaminantes existentes.
- Adecuar al taller con un sistema de ventilación artificial para el momento del colado, minimizando de esta manera los efectos tóxicos que por los gases desprendidos se produce.
- Tener iluminación adecuada en el taller tanto natural como artificial.

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTUDIO DE LA DEMANDA INDUSTRIAL DEL BABBITT

#### 4.1 Diagnóstico de las industrias que utilizan el Babbitt

Realizadas las respectivas investigaciones de las aplicaciones del Babbitt en la industria, tenemos como resultado que este material se aplica en cualquier industria por más pequeña que esta sea siempre tendrá en sus máquinas un componente que sea hecho de este material.

De acuerdo a la consulta realizada en la Cámara de Industrias de Chimborazo, las 17 empresas industriales que están asociadas a esta entidad tienen partes de máquinas que están hechas de este material, por lo que se vio en la necesidad de realizar una encuesta en cada una para de esta manera poder determinar si se tiene o no demanda de este material en la Provincia de Chimborazo.

#### 4.2 Determinación de la demanda industrial en la provincia

**4.2.1** *Análisis de la demanda.* El análisis de la demanda se realizó mediante fuentes de información primarias, la información primaria fueron las encuestas realizadas a las empresas e industrias de la provincia de Chimborazo.

En vista de que la población es tan pequeña no se aplicó ninguna fórmula para determinar la población a la cual se debía realizar las encuestas y se vio en la necesidad de realizar la encuesta a las 17 empresas que están asociadas a la Cámara de Industrias de Chimborazo, para de esta manera tener un estudio seguro.

**4.2.2** *Análisis de la encuesta.* Para el estudio se realizó un total de 17 Encuestas, las cuales fueron realizadas a los representantes de las industrias asociadas.

**4.2.3** *Formato de la encuesta.* Ver Anexo E.

**4.2.4 Resultados obtenidos de las encuestas realizadas fueron:**

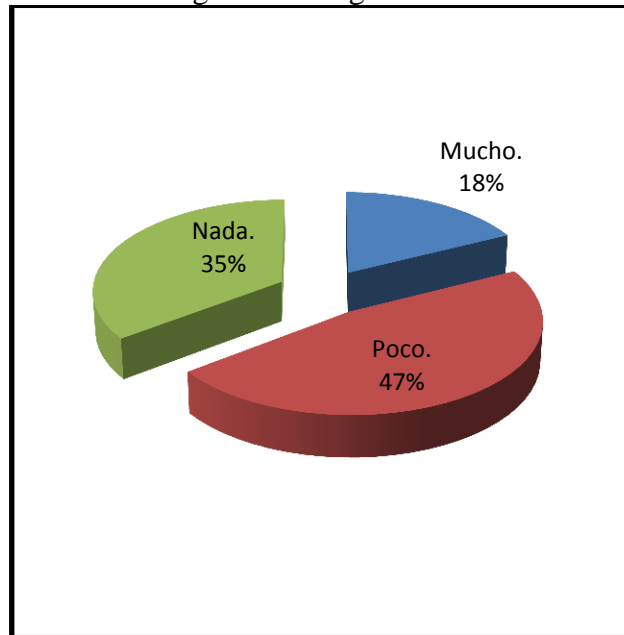
**1. ¿Tiene conocimiento de lo que es el Babbitt?**

Tabla 8. Encuesta

Mucho.	3
Poco.	8
Nada.	6
Total	17

Fuente: Autor

Figura 22: Pregunta N°1



Fuente: Autor

Como vemos en las respuesta de la pregunta nos damos cuenta que no tienen idea de lo que es el Babbitt a su vez que sus máquinas no tienen un mantenimiento muy apegado a la composición de los elementos que constituyen dichas máquinas.

**2. ¿En la Empresa Industrial que usted dirige alguna de las partes de las maquinas cree que están fabricadas de este material?**

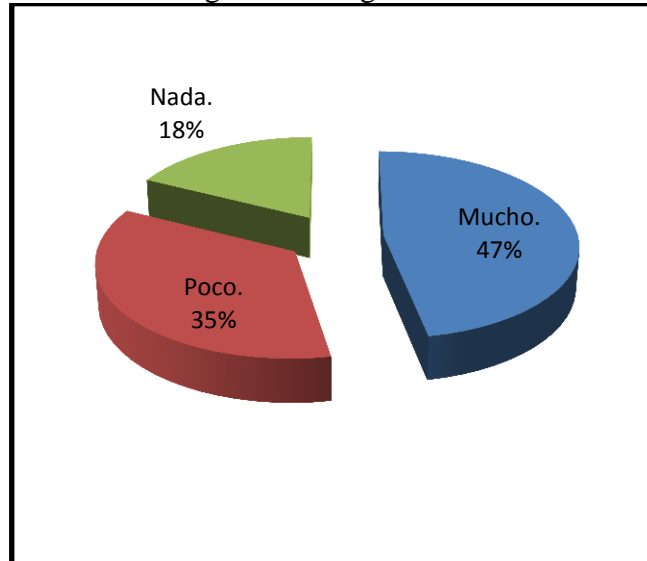


Tabla 9. Encuesta

Mucho.	8
Poco.	6
Nada.	3
Total	17

Fuente: Autor

Figura 23. Pregunta N°2



Fuente: Autor

Las respuestas de esta pregunta son importantes ya que de la misma se deriva el tratar o no de lograr llegar al componente que estamos preparando.

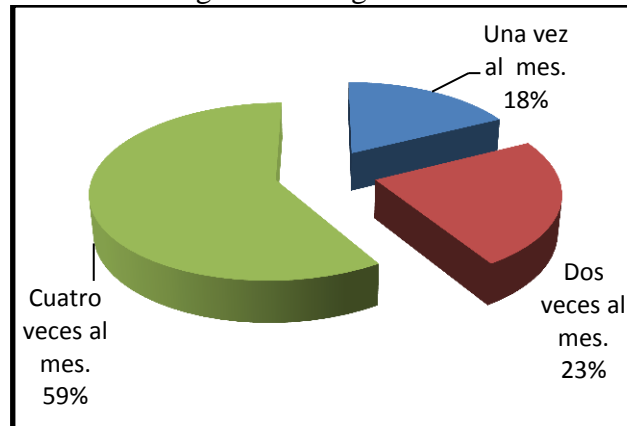
**3. ¿Cuál es la frecuencia para adquirir repuestos fabricadas con Babbitt 83 para las máquinas?**

Tabla 10. Encuesta

Una vez al mes.	3
Dos veces al mes.	4
Cuatro veces al mes.	10
Total	17

Fuente: Autor

Figura 24. Pregunta N°3



Fuente: Autor

El Babbitt es un producto industrial indispensable para las máquinas en las empresas por eso su necesidad de producirlo dentro de la provincia.

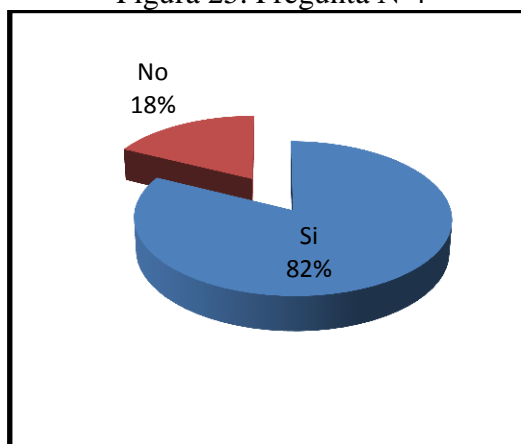
**4. ¿En caso de necesitar el Babbitt 83 para reparación de piezas de máquinas compraría usted el fabricado en esta Provincia?**

Tabla 11. Encuesta

Si	14
No	3
Total	17

Fuente: Autor

Figura 25. Pregunta N°4



Fuente: Autor

Respuestas contundentes para la comercialización del producto en este caso el Babbitt.

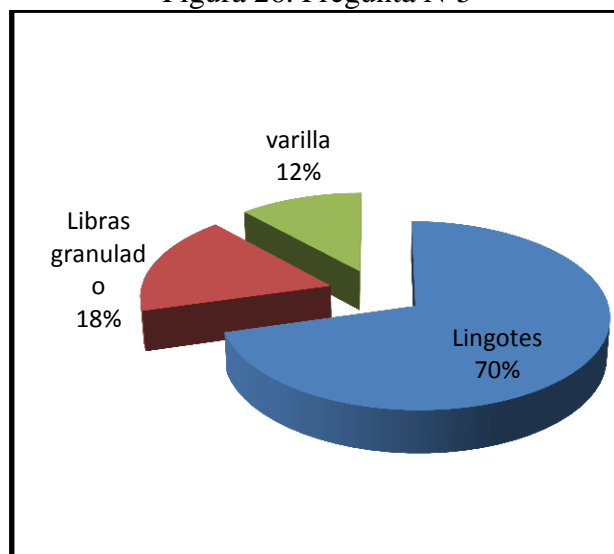
**5. ¿Cómo le gustaría que sea comercializado el material?**

Tabla 12. Encuesta

Libras granulado	3
Lingotes	12
Varilla	2
Total	17

Fuente: Autor

Figura 26. Pregunta N°5



Fuente: Autor

Es factible la venta en libras ya que es más fácil para los cálculos y así saber cuánto se necesita para la reparación en una máquina.

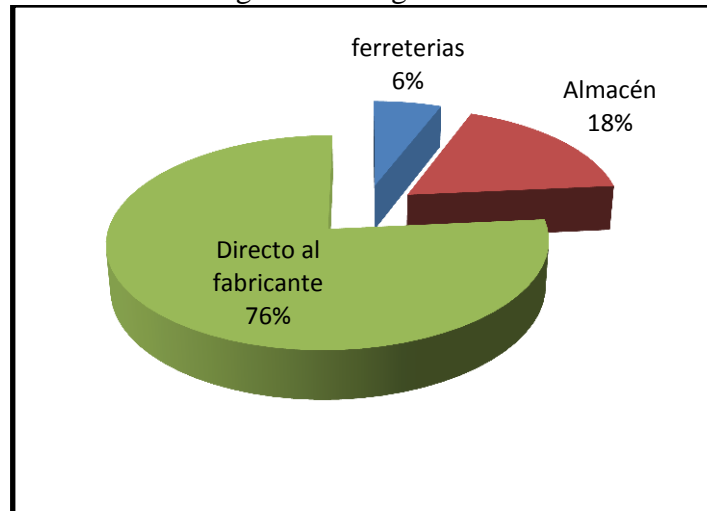
**6. ¿Dónde le gustaría adquirir este producto?**

Tabla 13. Encuesta

ferreterías	1
Almacén	3
Directo al fabricante	13
Total	17

Fuente: Autor

Figura 27. Pregunta N°6



Fuente: Autor

Un punto más a favor para la fabricación del producto ya que seríamos los vendedores directos de nuestro Babbitt.

La demanda potencial es la máxima demanda posible que se podría dar para nuestro producto en un mercado determinado.

El hallar la demanda potencia para el producto que ofrecemos, tiene como objetivo principal el ayudarnos a pronosticar o determinar cuál será la demanda.

Veamos a continuación la fórmula de la demanda potencial, y luego hallar la demanda de nuestro producto:

#### *Fórmula de la demanda potencial*

La fórmula de la demanda potencial es:

$$Q = npq \quad (3)$$

Dónde:

Q: demanda potencial.

n: número de compradores posibles para el mismo tipo de producto en un determinado mercado.

Para hallar esta información, podemos hacer uso fuentes secundarias, por ejemplo, podemos buscar en centros estadísticos, datos o registros de población, investigaciones hechas por empresas de publicidad, etc., o podemos hacer nosotros mismos nuestra propia investigación de mercado, por ejemplo, a través de encuestas, en donde las preguntas estarían destinadas a hallar la disposición de los consumidores a adquirir el tipo de producto.

$p$  = precio promedio del producto en el mercado.

$Q$  = cantidad promedio de consumo en el mercado. Por ejemplo, el consumo per cápita para el Babbitt, podría ser de 4 veces al mes.

### **4.3 Hallando nuestra demanda**

Nuestro producto pretende abastecer a toda la localidad (el cual sería nuestro mercado meta), la cual está conformada por 17 industrias. Otros datos que hemos conseguido a través de fuentes secundarias son que el 90% de las industrias suele consumir el Babbitt, el precio promedio de un lingote es de 180 USD.

En primer lugar hallamos la demanda potencial de Babbitt en toda la localidad.

Aplicando la fórmula de la demanda potencial:

$$Q = npq$$

$$n = (10 \times 90\%) / 100$$

$$p = 180$$

$$q = 4 \text{ veces}$$

$$Q = 9 \times 180 \times 4$$

$$Q = 6400 \text{ USD.}$$

Una vez que hemos hallado que la demanda potencial del Babbitt, pasamos a hallar la demanda de nuestro producto.

Suponemos que teniendo en cuenta el tamaño de nuestra inversión, el capital de trabajo, la capacidad de producción, la capacidad de abastecimiento; pero también teniendo en cuenta otros aspectos como la información que hemos recopilado de la competencia; se podría decidir que trabajaremos para captar el 50% de la demanda potencial. Por lo que podríamos afirmar que el pronóstico de nuestra demanda o de nuestras ventas para el próximo mes, sería de \$3200 y anual del \$38400.

#### 4.4 Costos

Aquí se detallaran los costos totales de la fundición del Babbitt para ello los clasificaremos en costos directos e indirectos.

**4.4.1 Costos Directos.** Dentro del análisis de costos directos consideramos el costo de materiales, transporte y mano de obra los mismos que se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 14. Costos directos.

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Materiales				
Estaño	2	Kg	12,00	24,00
Cobre	2	Kg	10,00	20,00
Antimonio	2	Kg	20,00	40,00
Plomo	2	Kg	5,00	10,00
Platina de 5 mm por 5 cm.	2	M	3,00	6,00
Electrodos	10	unidad	0,80	8,00
Combustible (Diesel)	1	Galón	1.50	1,50
Total Materiales				<b>\$ 109,00</b>
Mano de obra				
Soldadura	1	Unidad	50,00	50,00
Total Mano de Obra				<b>\$ 50,00</b>
Transporte				
Fletes y otros			100	100,00
Total Transporte				<b>\$ 100,00</b>
Total de costos directos				<b>\$209,00</b>

Fuente: Autor.

**4.4.2 Costos indirectos.** Aquí consideramos lo que es el diseño de la máquina, el proceso de supervisión de la misma y los imprevistos presentados.

Tabla 15. Costos indirectos.

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Ingenieriles (Diseño y Supervisión)	\$ 100,00
Imprevistos	\$ 300,00
Lingote de Babbitt ASTM 23	\$ 250,00
Lingote de Babbitt BERACO	\$ 275,00
<b>Total costos indirectos</b>	<b>\$ 925,00</b>

Fuente: Autor.

**4.4.3 Costos Totales.** Los costos totales equivale a la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos ya mencionados anteriormente.

Tabla 16. Costos totales.

<b>Costos directos</b>	\$ 209,00
<b>Costos indirectos</b>	\$ 925,00
<b>Total costos</b>	<b>\$1134,34</b>

Fuente: Autor.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL BABBITT OBTENIDO

#### 5.1 Preparación de la probeta metalográfica

La metalografía estudia la estructura microscópica de los metales y sus aleaciones. Antes de observar un metal al microscopio, es necesario acondicionar la muestra de manera que quede plana y pulida. Plana, porque los sistemas ópticos del microscopio tienen muy poca profundidad de campo y pulida porque así observaremos la estructura del metal y no las marcas originadas durante el corte u otros procesos previos. (ALMENDARIZ, 2013)

Figura 28. Probeta en preparación



Fuente: Autor

Las fases de preparación de la probeta metalográfica son las siguientes:

- Corte de la muestra.
- Montaje (opcional).
- Desbaste.
- Pulido.
- Ataque químico.



## 5.2 Corte de la muestra.

El corte es un proceso en el que se produce calor, por fricción, y se raya el metal. Si el corte es muy agresivo, no veremos el metal que queremos estudiar sino la estructura resultante de la transformación sufrida por el mismo. Para reducir estos efectos al mínimo, hay que tener en cuenta las siguientes variables: lubricación, corte a bajas revoluciones y poca presión de la probeta sobre el disco de corte. Las cortadoras metalográficas están provistas de sistemas de refrigeración, regulación de la velocidad de giro del disco y de la presión de corte.

## 5.3 Montaje de probetas metalográficas

Las muestras que son difíciles de manejar debido a sus dimensiones geométricas, o a su naturaleza, normalmente son montadas en algún tipo de soporte o bien son encapsuladas en algún tipo de resina, o metal de bajo punto de fusión, los cuales normalmente no quitan información del espécimen estudiado. Existe una variedad de resinas comerciales que normalmente cubren esta función. En el análisis de productos “precipitados” en la superficie además de encapsular las muestras, es necesario primero depositar mediante una técnica adecuada algún elemento, compuesto o metal que proteja los bordes o el desprendimiento de los mismos.

Figura 29. Probetas para análisis



Fuente: Autor

#### **5.4 Desbaste de probetas**

Durante el proceso de desbaste se eliminan gran parte de las rayas producidas en el corte. Se realiza en una pulidora empleando pliegos de lijas de distintos diámetros de partícula, cada vez más finos.

Cada vez que se cambia de lija, es muy importante limpiar muy bien la probeta con agua abundante para eliminar los posibles restos de partículas de la lija anterior, así evitamos que se produzcan rayas por partículas que hayan podido quedar de la lija anterior cuando estamos trabajando con un lija de grano más fino.

Figura 30. Desbaste de probetas



Fuente: Autor

#### **5.5 Pulido de probetas**

Se realiza con paños especiales, del tipo de los tapices de billar. Como abrasivo, se puede utilizar polvo de diamante o alúmina.

El primero se aplica con un aceite especial, para lubricar y extender la pasta de diamante y el segundo con agua pero en nuestro caso se utilizó leche de magnesia.

En el pulido apenas hay arranque de material y lo que se pretende es eliminar todas las rayas producidas en procesos anteriores, el pulido finaliza cuando la probeta es un espejo perfecto.

Figura 31. Pulido de probetas



Fuente: Autor

### 5.6 Ataque metalográfico de probetas

En este punto la probeta es plana y está pulida, es un espejo. El ataque químico pondrá de manifiesto la estructura del metal ya que atacará los bordes de los granos y afectará de manera diferente a las distintas fases presentes en el metal.

Figura 32. Reactivos de ataque químico



Fuente: Autor

Para cada metal y aleación se utiliza un reactivo de ataque diferente. En el caso del Babbitt y sus aleaciones se utilizó Nital al 2%, por un lapso de 30 s.

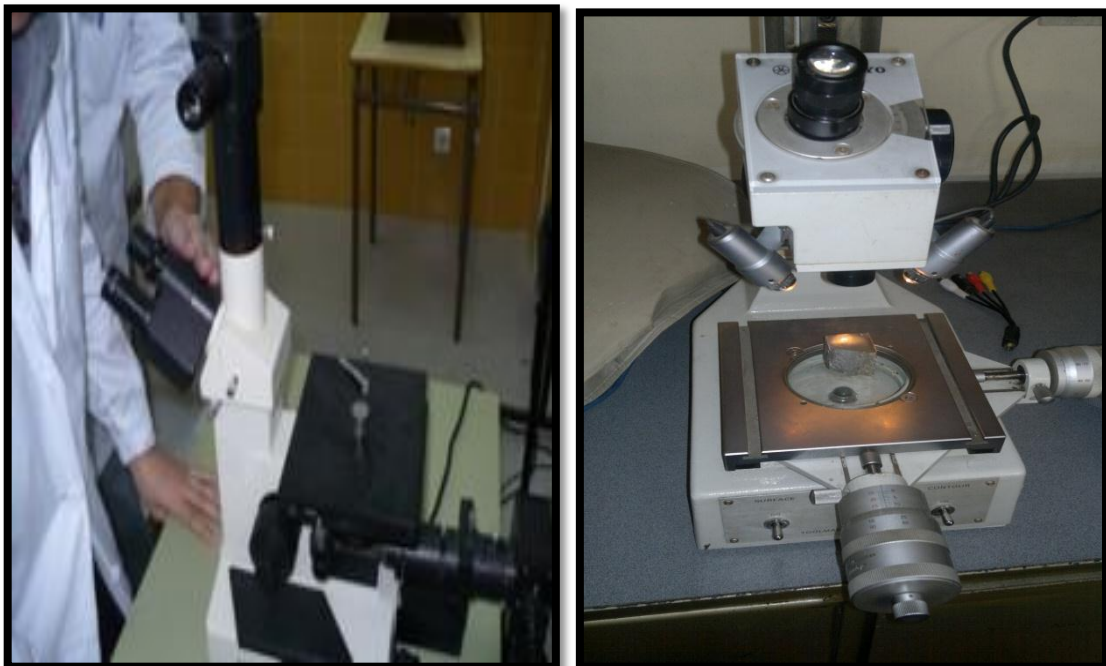
### 5.7 Observación metalográfica.

El microscopio metalográfico se diferencia del ordinario, fundamentalmente, en su sistema de iluminación. La luz no puede atravesar el metal y por tanto la luz entra en el objetivo después de ser reflejada en la probeta metálica.

Los microscopios metalográficos suelen llevar un acoplador para montar una cámara fotográfica o de video ya que, para poder estudiar mejor la estructura del metal, se obtienen microfotografías.

En la imagen puede verse la probeta sobre la pletina del microscopio, debajo están los objetivos y a la derecha la fuente de luz.

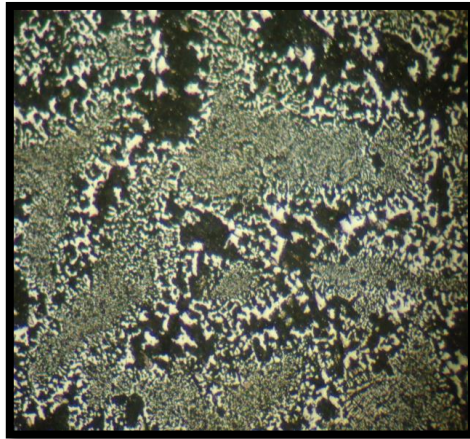
Figura 33. Observación microscópica



Fuente: Autor

**5.7.1 Fotografía metalográfica.** Una vez que se realiza el ataque metalográfico se lava la probeta con metanol y se procede a secar, para luego llevarla al microscopio como paso final obtenemos la fotografía metalográfica del Babbitt.

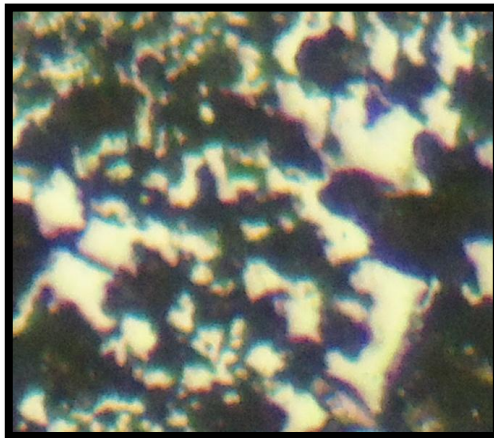
Figura 34. Foto metalográfica del Babbitt



Fuente: Autor

### 5.7.2 Estudio, análisis del Babbitt obtenido

Figura 35. Foto a 250X de aproximación del Babbitt



Fuente: Autor

Para el estudio y análisis se utilizó:

- Análisis comparativo entre la fotografías metalográficas.
- Ensayo de dureza con el durómetro.

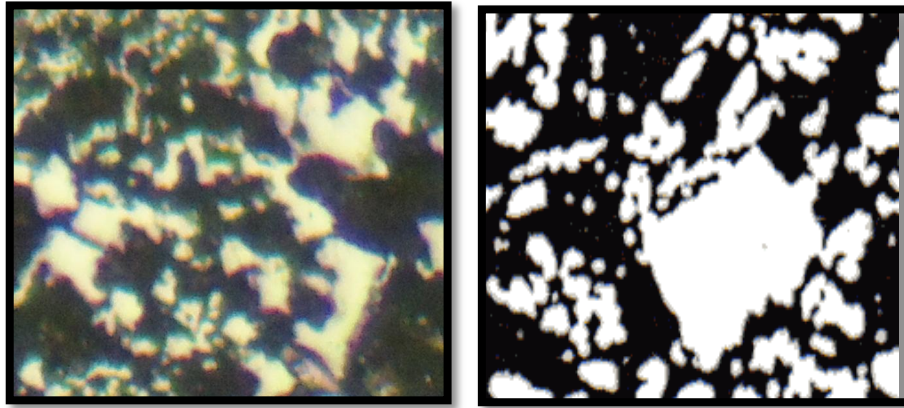
**5.7.3 Análisis comparativo entre la fotografías metalográficas.** Luego de observar las dos probetas y con la técnica de tres veces de pulido y ataque químico en cada una de las probetas tenemos las metalografías más representativas, las cuales al compararlas con metalografías conocidas en el manual de Micro estructuras de la ASTM llegamos a la siguiente conclusión:



Micro estructura en base de Sn identificada como:

Babbitt ASTM B 23 grado 3, atacada al 2% de Nital, a 250X

Figura 36. Comparación metalografía entre el Babbitt obtenido y uno que está en el mercado internacional



Fuente: Autor

En la Figura 40 muestra una micro estructura típica a base de estaño en los dos casos, hay una especie de varillas ordenadas de cobre y estaño en forma de estrellas y grandes cubos de compuesto de estaño y antimonio, todos en una matriz eutéctica ternario solo de estaño pero en el Babbitt 83 obtenido tenemos una micro estructura homogénea más compacta por el aumento del plomo en el 1%.

## 5.8 Ensayo de dureza Brinell

Figura 37. Durómetro



Fuente: Autor

Se denomina dureza Brinell a la medición de la dureza de un material mediante el método de indentación, midiendo la penetración de un objeto en el material a estudiar.

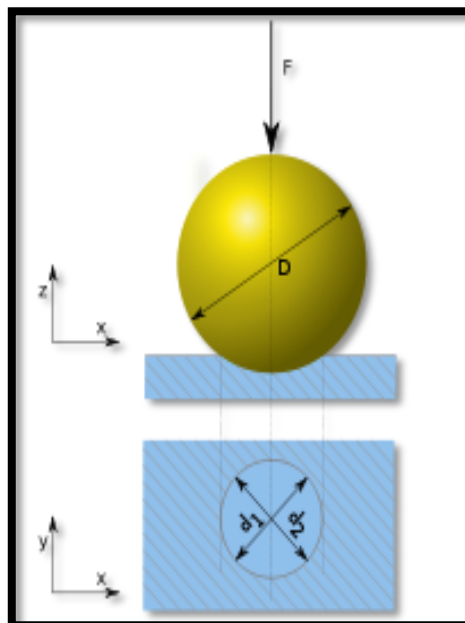
Fue propuesto por el ingeniero sueco Johan August Brinell en 1900, junto a su ayudante el "duro" Martin Marcanda, siendo el método de dureza más antiguo.

Este ensayo se utiliza en materiales blandos (de baja dureza) y muestras delgadas, el indentador o penetrador usado es una bola de acero templado de diferentes diámetros. Para los materiales más duros se usan bolas de carburo de tungsteno.

En el ensayo típico se suele utilizar una bola de acero de 10 a 12 milímetros de diámetro, con una fuerza de 3.000 kilopondios, el valor medido es el diámetro del casquete en la superficie del material.

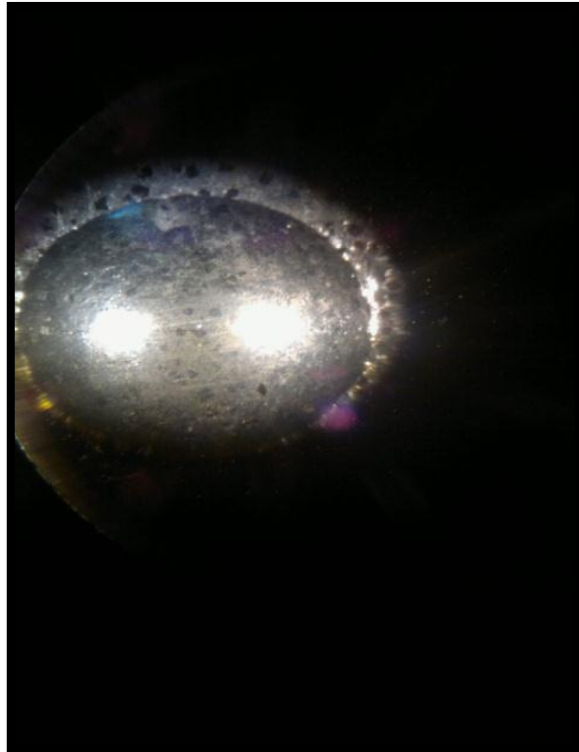
Las medidas de dureza Brinell son muy sensibles al estado de preparación de la superficie, pero a cambio resulta en un proceso barato, y la desventaja del tamaño de su huella se convierte en una ventaja para la medición de materiales heterogéneos, como la fundición, siendo el método recomendado para hacer mediciones de dureza de las fundiciones.

Figura 38. Aplicación del método para encontrar la dureza



Fuente: Libro de Materiales y Equipos de laboratorio Metalográfico.

Figura 39. Foto microscópica de la aplicación de la bola para medir la dureza.



Fuente: Autor

La carga a utilizar en el ensayo se puede obtener con la siguiente expresión:

$$P = K \cdot D^2 \quad (4)$$

Dónde:

$P$ : carga a utilizar medida en [kilopondio (kp)].

$K$ : Constante para cada material, que puede valer 1 (Madera), 5 (aluminio, cobre y sus aleaciones), 10 (magnesio y sus aleaciones), y 30 (aceros).

$D$ : diámetro de la bola (indentador) medida en [mm].

Este ensayo sólo es válido para valores menores de 600 HB en el caso de utilizar la bola de acero, pues para valores superiores la bola se deforma y el ensayo no es válido. Se pasa entonces al ensayo de dureza Vickers. Para saber si el ensayo es válido o no, debemos usar el espesor de la pieza y la profundidad de la huella; mediante la fórmula siguiente: espesor de la pieza  $> \delta = 8$  veces la profundidad de la huella. De este modo, si el valor resultante es menor al que tiene el espesor de la pieza diremos que el ensayo es válido, en caso contrario, no lo será; y por tanto pasaríamos al ensayo Vickers.



**5.8.1 Fórmula aplicada.** Para determinar el valor de la dureza Brinell se emplea la siguiente ecuación:

$$HB = \frac{2P}{\pi D^2} \left( \frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}} \right) \quad (5)$$

Dónde:

$P$ : carga a utilizar medida en kp.

$D$ : Diámetro de la bola (indentador) medida en [mm].

$d$ : Diámetro de la huella en superficie en [mm] (se toma como la media de  $d_1$  y  $d_2$ ).

(ALMENDARIZ, 2013)

El probador de dureza Brinell generalmente consta generalmente de una prensa hidráulica vertical de operación manual, diseñada para forzar un marcador de bola dentro de la muestra. El número de dureza Brinell (HB) es la razón de la carga en kilogramos al área en milímetros cuadrados de la impresión, y se calcula mediante la fórmula:

Para realizar el cálculo se utilizó los siguientes datos:

$k = 1,25$  (Constante del babbitt),

$Bola = 3,1$  mm

Cálculos:

$$HB = \frac{2P}{(\pi 5/)(5 - \sqrt{5^2 - 3,1^2})}$$

$$P = k \cdot D^2 = 1,25(5^2) = 31,25 \text{ kp}$$

$$HB = \frac{62,5 \text{ kp}}{(15,708 \text{ mm})(1,077 \text{ mm})}$$

$$HB = \frac{62,5 \text{ kp}}{(15,708 \text{ mm})(1,077 \text{ mm})} = 3,69 \text{ kp/mm}^2$$

## 5.9 Ensayo de dureza Vickers

El ensayo de dureza Vickers, llamado el ensayo universal, es un método para medir la dureza de los materiales. Sus cargas van de 5 a 125 kilopondios (de cinco en cinco). Su penetrador es una pirámide de diamante con un ángulo base de 136°.

Se emplea para láminas delgadas hasta 0,15 mm (0.006 milésimas de pulgada.) y no se lee directamente en la máquina. Para determinar el número de dureza se aplica la siguiente fórmula:

$$HV = \frac{1,8544 \cdot F}{P^2} \quad (6)$$

Dónde:

HV = Dureza Vickers

F= Fuerza de aplicación en gf.

P<sup>2</sup>= Diagonal

Este ensayo constituye una mejora al ensayo de dureza Brinell. Se presiona el indentador contra una probeta, bajo cargas más ligeras que las utilizadas en el ensayo Brinell. Se miden las diagonales de la impresión cuadrada y se halla el promedio para aplicar la fórmula antes mencionada. (ALMENDARIZ, 2013)

Este tipo de ensayo es recomendado para durezas superiores a 500 HB (en caso de ser inferior, se suele usar el ensayo de dureza Brinell). Este ensayo, además, puede usarse en superficies no planas. Sirve para medir todo tipo de dureza, y espesores pequeños.

$$HV = \frac{1854 * 100gf}{(87.2)^2}$$

$$HV = \frac{185400gf}{(87.2)^2mm}$$

$$HV = 24.38gf/mm^2$$

La dureza Vickers hallada es igual a  $24,38\text{gf/mm}^2$

Para hallar la dureza Brinell se utilizó la siguiente fórmula:

$$HB \approx 0,95HV \quad (7)$$

$$HB = 0.95 * 24.38\text{gf/mm}^2$$

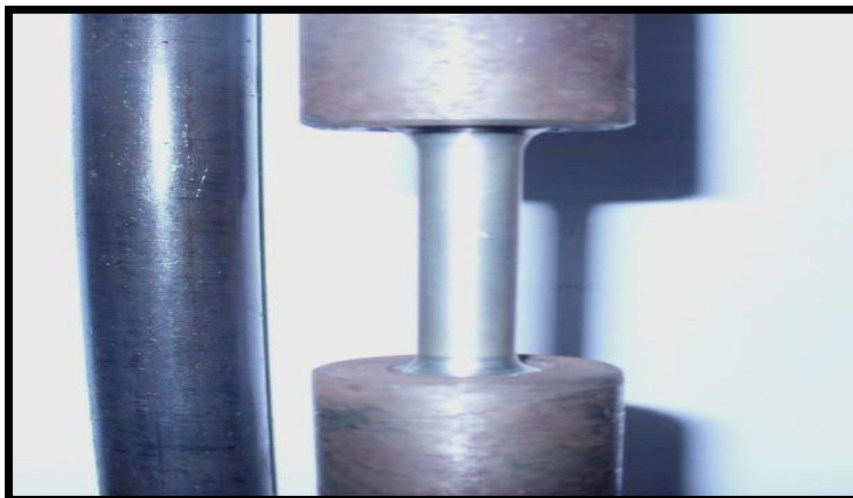
$$HB = 23.16\text{Kgf/mm}^2$$

**5.9.1 Resultados finales.** Realizados el ensayo de dureza y el análisis comparativo entre imágenes metalográficas podemos deducir que hemos obtenido el babbitt que se acerca a las características tanto físicas como mecánicas.

## 5.10 Ensayos de tracción para barras de Babbitt

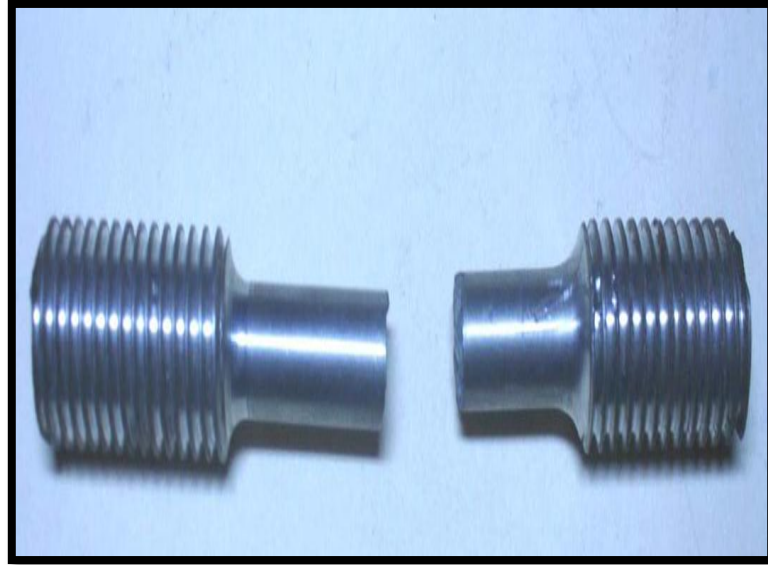
Luego de utilizar los moldes para las probetas en forma de barra se dispone a utilizar estos materiales para mecanizar las barras con medidas normalizadas como se muestra en la figura 38.

Figura 40. Ensayo de tracción



Fuente: Laboratorio de Ensayos ESPOCH

Figura 41. Ensayos de Elasticidad



Fuente: Laboratorio de Ensayos ESPOCH

Después se procede hacer los ensayos de tracción a dos probetas en la máquina que está en los laboratorios de la Facultad de Mecánica, los cuales al promediar nos dan los siguientes resultados:

Tabla 17. Datos de los Ensayos

<b>Datos</b>	<b>Unidad(Mpa) Babbitt (20 °C) obtenido en el taller</b>	<b>Unidad(Mpa) ASTM 23 (25 °C)</b>
Resistencia a la Ruptura	(46,5)	(44,1)
Límite de Elasticidad	(35,9)	(35,6)

Fuente: Autor

Comparando estos resultados con los de la norma ASTM no presenta inconformidades, si notamos que los ensayos se hicieron en diferentes temperaturas.

#### **5.10.1** *Evaluación cualitativa de las probetas en base de estaño.*

Ya conocemos las características y observaciones que tenemos que realizar en las probetas tipo cuña a continuación presentamos una muestra de las fracturas de cuñas y su tipo de viruta.

Figura 42. Fracturas de cuñas y desbaste de viruta del babbitt.



Fuente: Autor

Luego de realizar todas las observaciones tenemos como resultados lo siguiente que se detalla en la tabla.

Tabla 18. Resultados del Babbitt 83 encontrado

Material según cálculos para el peso(1KILO)	Muestra tomada luego del análisis metalográfico		
	85% Sn, 6% Sb, 8% Cu, 1% Pb		
<b>Características visibles</b>	<b>Resultados</b>		
<b>Color de la fractura</b>	Gris Oscuro	Gris Medio	Gris Claro
			X
<b>Tamaño de grano</b>	Fino	Mediano	Gruoso
			X
<b>Sensibilidad al espesor</b>	Baja	Media	Alta
			X
<b>Comportamiento al impacto</b>	Bajo	Medio	Alto
		X	
<b>Coefficiente de fricción</b>	Bajo	Medio	Alto
	X		
<b>Comportamiento en el pulido</b>	Fácil	Medio	Difícil
		X	
<b>Tipo de viruta</b>	Frágil	Medio	Dúctil
	X		

Fuente: Autor

Tabla 19. Resultados de la aleación Babbitt 83 en base de estaño

Tipos de Babbitt	Ensayo de tracción		Composición Química %				Microestructuras 2% de Nital a 250X	BHN
	Resistencia a la Ruptura (MPa)	Límite de Elasticidad (MPa)	Sn	Sb	Cu	Pb		
PK ESPECIAL	44,1 (25 °C)	35,6 (25 °C)	84,2	7,8	7,9	0		21
BABBITT DEL LABORATORIO	46,5 (20 °C)	35,9 (20 °C)	85	8	6	1		23.1

Fuente: Autor

## 5.11 Normas de Seguridad en el manejo de equipos y reactivos en el laboratorio

### 5.11.1 Equipos del laboratorio de metalografía

#### *Cortadoras*

Para seccionar las muestras se emplean cortadoras dotadas de discos abrasivos. Durante el corte de su muestra las recomendaciones a seguir son las siguientes:

- Seleccionar el disco dependiendo del tipo de material a cortar. En la parte frontal del equipo se encuentra una lista con las características y usos específicos de los distintos tipos de discos disponibles.
- Fijar firmemente la pieza a las mandíbulas de ajuste, de esta forma se evita el movimiento oscilatorio de la muestra, que puede causar que se parta el disco durante el proceso de corte.
- Cerrar la cubierta protectora del equipo.
- Antes de comenzar el proceso de corte asegúrese que exista flujo de refrigerante.

- Ejercer una presión moderada sobre la palanca de corte. Una presión excesiva podría producir la rotura del disco y/o sobrecalentamiento en la pieza alterando su micro estructura.
- Al finalizar el corte debe limpiar los residuos que quedan en la cámara de corte, para contribuir al mantenimiento de la cortadora.

### *Desbastadoras*

Durante la operación de desbaste grueso siga las siguientes instrucciones:

- Biselar cuidadosamente los bordes de la probeta, para evitar roturas y desgarres en los papeles de lija y en los paños de pulido en las operaciones posteriores.
- Ejercer una presión moderada de la probeta contra la cinta abrasiva. Una presión excesiva distorsión a la superficie de la muestra, produciendo rayas profundas difíciles de eliminar.
- Sostenga firmemente la pieza para evitar que esta sea proyectada por el movimiento de la cinta abrasiva y pueda lastimar a alguien.
- Al terminar el desbaste, lave las probetas y sus manos con agua corriente para evitar el transporte de partículas gruesas al esmeril o lijas de grano fino.
- Limpie y seque cuidadosamente el equipo.

### *Pulidoras*

En la etapa de pulido, las precauciones a tomar van orientadas a evitar la contaminación de los paños, para esto debe:

- Asegurarse que la muestra esté completamente limpia y libre de partículas superficiales.
- Utilizar el paño adecuado, dependiendo del tipo de muestra (ferrosa o no-ferrosa) y de las diferentes granulometrías del abrasivo (1; 0,3 y 0,05 $\mu$ m, por lo general). Frente de cada paño encontrará estas especificaciones.

- Lavar muy bien la muestra y el paño con abundante agua cada vez que cambie de paño.
- Al finalizar la etapa de pulido, lave muy bien la muestra con agua, rocíela con alcohol y séquela con aire caliente. Evite usar el aire a presión de la campana de gases porque contiene grasa y cierto grado de humedad.
- Si la muestra no va a ser observada inmediatamente al microscopio óptico, guárdela envuelta en algodón y debidamente identificada en los desecadores disponibles en el laboratorio. El almacenamiento de la muestra debe ser lo más hermético posible para evitar la formación de óxidos en la superficie que se desea analizar.

### *Microscopios ópticos*

De todos los equipos que hay en el laboratorio de metalografía, los microscopios ópticos son los más delicados. Por lo tanto requieren de mayor cuidado por parte del operador. Para evitar daños en estos equipos, siga las instrucciones siguientes:

- Antes de usar el microscopio asegúrese que sus manos y la muestra están completamente limpias y secas.
- No toque los lentes de los oculares y objetivos.
- Nunca deje que su muestra entre en contacto con los objetivos, lo cual puede ocurrir fácilmente durante el enfoque o al cambiar de un objetivo a otro.
- No deje que se caigan al piso los oculares y objetivos porque se fracturan los lentes.
- Enfoque primero con los objetivos de bajos aumentos, empleando el tornillo de enfoque macro, cuando haya visualizado la imagen, enfoque con el micro para la completa definición de la imagen.
- Maneje el microscopio con cuidado, sin movimientos bruscos, especialmente en la etapa de enfoque.
- Seleccione una intensidad de luz menor que la máxima para evitar que los bombillos se quemen.



- Apague el microscopio cuando termine de usarlo y cúbralo con el forro plástico.
- No trabaje con muestras muy grandes y/o pesadas.

### *Cámaras fotográficas*

- No toque los lentes de la cámara.
- Durante el montaje del rollo, evite que se caiga la cámara, y el tocar los contactos y la cortina de apertura.
- No deje los rollos montados en la cámara. Torne las fotografías que necesita, desmonte el rollo y coloque nuevamente la cámara en el microscopio.
- Apague la cámara cuando termine de usarla. En los intervalos de enfoque manténgala apagada.
- Si no sabe usar la cámara o tiene alguna duda consulte con su instructor o con el técnico del laboratorio.

### *Manejo de reactivos*

En las prácticas de laboratorio se hace necesario el uso de reactivos químicos para el ataque de muestras metalográficas. Estos agentes químicos son por lo general compuestos de ácidos orgánicos, álcalis de varias clases u otras sustancias complejas en solución con algunos solventes apropiados tales como agua, alcohol, etc.

Todos los reactivos a utilizar son potencialmente peligrosos, lo que supone ciertos procedimientos para su manejo y mezclado. A continuación se citan algunas medidas preventivas:

- Es obligatorio el uso de batas. Si no trae su bata de laboratorio, no podrá asistir a las prácticas.
- Utilice guantes de goma
- Para prevenir exposiciones o inhalaciones de gases tóxicos, la mezcla, manejo y uso de los reactivos tiene que hacerse exclusivamente en la campana de gases.

- Sí por alguna razón tiene contacto sobre la piel con el reactivo, lávese inmediatamente con agua y jabón. Informe al encargado del laboratorio para alguna otra indicación.
- Tenga especial cuidado cuando trabaje con ácido fluorhídrico (HF), ya que puede formar ulceraciones al contacto con la piel. Además, cuando trabaje con HF no utilice recipientes de vidrio, debido a que es disuelto por el ácido. También son muy dañinos el  $\text{HN03}$ ,  $\text{H2S04}$  y  $\text{AlCr3}$  ya que la inhalación de sus vapores puede causar irritación o daños serios en el sistema respiratorio.
- Cuando mezcle los reactivos, extreme las precauciones. Siempre adicione lentamente el ácido, o el álcali al agua, alcohol o solución. Agite de forma continua para evitar el sobrecalentamiento local. Una mezcla incompleta puede originar reacciones violentas.
- Después de preparar el reactivo colóquelo en un envase debidamente identificado. Cuando termine de manipular los reactivos, limpie todos los envases que utilizó y deje todo en orden.
- Si existe alguna duda acerca del manejo de los reactivos, es preferible pedir asistencia al encargado del laboratorio y así evitar situaciones lamentables.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se desarrolló exitosamente el proceso para la obtención del Babbitt, para lo cual se realizó un respectivo diagrama de flujo del proceso, en el cual se detalla los pasos a seguir en la obtención de este material.

De acuerdo al diagnóstico que se realizó a las industrias de Chimborazo mediante la encuesta, se pudo verificar que si el Babbitt se produjera en nuestro sector sería muy ventajoso ya que de esta manera no habría dificultad al momento de adquirir este material en las industrias está calculado que ganaríamos el 50% de nuestra demanda dentro de las industrias que adquieren el producto.

Con las pruebas realizadas a las probetas obtenidas en la fundición se pudo observar lo siguiente: En el análisis metalográfico que se efectuó a la probeta se determinó que la fundición obtenida si es Babbitt. A la muestra se le atacó con el reactivo Nital al 2% y fue observado con un acercamiento de 250 - 500x.

El ensayo que se realizó en el durómetro dio un resultado favorable ya que de acuerdo a la dureza que se obtuvo luego de los cálculos se acerca a las características reales de este material. Haciendo una comparación en la tabla de propiedades físicas del Babbitt hay un 2% de variación de la norma ASTM pero, sabiendo que el porcentaje de estaño que se utilizó en un 85% se puede decir que estamos dentro de los estándares de calidad estipulado dentro del mercado industrial.

## **6.2 Recomendaciones.**

La implementación de un laboratorio donde se pueda realizar la cuantificación de materiales en el caso de realizar una fundición de este tipo.

Utilizar el reactivo correcto al momento de realizar el ataque metalográfico.

Realizar un desbaste totalmente lizo ya que si la probeta queda con rayas, al momento de realizar la observación en el microscopio no se va a apreciar correctamente la imagen.

Utilizar los EPP para todas las actividades dentro del laboratorio de Fundición como en el Laboratorio de Materiales.

Obtener la certificación ISO – TEC. 17025 de los laboratorios de materiales, tracción, fundición, termodinámico, así se podrá obtener datos reales y producir compuestos y productos de altos estándares de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALMENDARIZ, Marco. 2013.** *Libro de materiales*. Riobamba : Propio, 2013.

**MATERIALES. 2013.** *Materiales*. Riobamba : ESPOCH, 2013.

**BIEDERMANN, A. 1957.** *Fundición de Materiales Ferrosos*. Austria : s.n., 1957.

**BUENAS TAREAS.com. 2013.** <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tipos-De-Hornos-De-Fundicion>. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tipos-De-Hornos-De-Fundicion>. [En línea] 15 de 09 de 2013. [Citado el: 17 de 01 de 2014.] Tipos-De-Hornos-De-Fundicion.

**CABALLERO, García. 1970.** *Guía de La Tecnología de la Fundición*. 1970.

**CABALLERO, García. 1983.** *Guía Tecnológica para el Proyecto de curso en Tecnología de Fundición II*. 1983.

**ENGINEERING FOR A SMART PLANET. 2011.** Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information. *Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information*. [En línea] 01 de 08 de 2011. [Citado el: 15 de 05 de 2013.] Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011).

**ESTUDIANTES.INFO/TECNOLOGÍA/METALES. 2012.**

<http://www.estudiantes.info/tecnologia/metales/plomo.htm>.

<http://www.estudiantes.info/tecnologia/metales/plomo.htm>. [En línea] 15 de 12 de 2012. [Citado el: 15 de 03 de 2013.] <http://www.estudiantes.info>.

**LENNTECH.Es. 2013.** <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/sb.htm>.

<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/sb.htm>. [En línea] 15 de 01 de 2013. [Citado el: 25 de 02 de 2013.] <http://www.lenntech.es>.

**WIKIPEDIA.Org. 2012.** <http://es.wikipedia.org/wiki/Antimonio>.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Antimonio>. [En línea] 15 de 12 de 2012. [Citado el: 03 de 03 de 2013.] <http://es.wikipedia.org>.

**WIKIPEDIA.Org. 2012.** <http://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>. [En línea] 14 de 11 de 2012. [Citado el: 16 de 02 de 2013.] Cobre.

**WIKIPEDIA.Org. 2013.** wikipedia. *Estaño*. [En línea] 2013. [Citado el: 17 de 01 de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Estaño>.

**WIKIPEDIA.Org. 2013.** WIKIPEDIA. *Estaño*. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de Enero de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Estaño.3>