

# Estudio tribológico comparativo de los Babbitts Fórmula V y B-16

**M. Díaz Díaz \*, C. Díaz Novo \*\*, O. Calderín Medina \*\***

\* Universidad de Oriente. Sede "Julio Antonio Mella".

Facultad de Ingeniería Mecánica.

Ave. Las Américas. Santiago de Cuba.

\*\* Universidad de Oriente

Sección de Diseño Mecánico. Centro de Biofísica Médica.

Ave. Patricio Lumumba s/n. Santiago de Cuba 90500.

E-mail: [novo@cbm.uo.edu.cu](mailto:novo@cbm.uo.edu.cu); [calderin@cbm.uo.edu.cu](mailto:calderin@cbm.uo.edu.cu)

( Recibido el 21 de diciembre de 1998; aceptado el 12 de febrero de 1999 )

## Resumen

En el trabajo se realiza un estudio comparativo del coeficiente de fricción de los Babbitts, fórmula V y B-16, así como la influencia que ejerce sobre estos la presión de trabajo y el ángulo de contacto entre el cojinete y el árbol, determinándose las expresiones empíricas que rigen esta relación para ambos materiales antifricción.

**Palabras claves:** Babbitts, presión, ángulo de contacto, cojinetes de deslizamiento.

## 1. Introducción

En muchas máquinas y equipos de los centrales azucareros del país (máquinas de vapor, bombas hidráulicas, tren de engranes, desmenuzadora y chumaceras superiores de los molinos) se utilizan cojinetes de deslizamiento sometidos a diferentes condiciones de explotación- con ángulo de contacto  $\alpha \leq 180^\circ$ , una relación  $l/d$  que oscila entre 1 y 1.4 y un juego radial de 1 a 3 milésimas de pulgada de diámetro.

En muchos de estos cojinetes de deslizamiento se utiliza como material antifricción el Babbitts Fórmula V de base estaño y fabricación nacional. Esta aleación tiene más estaño presente que el necesario para la formación de los cristales de antimonio y cobre (inclusiones duras). El estaño sirve principalmente como base plástica; esta aleación presenta buenas cualidades antifricción, pero tienen un alto costo por lo que su utilización debe estar plenamente justificada.

**Tabla 1.** Composición química de los Babbitts.

Material	% de Sn	% de Sb	% de Cu	% de Ni	% de Pb	Impurezas
Babbitt Fórmula V	84 a 88	9 a 11	2 a 4	0.4 a 0.8	-	$\leq 0.5 \%$
B-16	15 a 17	15 a 17	-	-	66 a 70	$\leq 0.6 \%$

Los Babbitts B-16 son más baratos que los Babbitts base estaño y sus propiedades antifricción y mecánicas no son inferiores a los anteriores [1].

El coeficiente de fricción es considerado uno de los criterios tribológicos fundamentales en la selección de los materiales antifricción para cojinetes de deslizamiento. La importancia del coeficiente de fricción se debe a que él no solo determina la magnitud de las pérdidas de potencia en estos cojinetes, sino también la temperatura en las capas de

lubricante y, por tanto, influye en la capacidad de carga del cojinete.

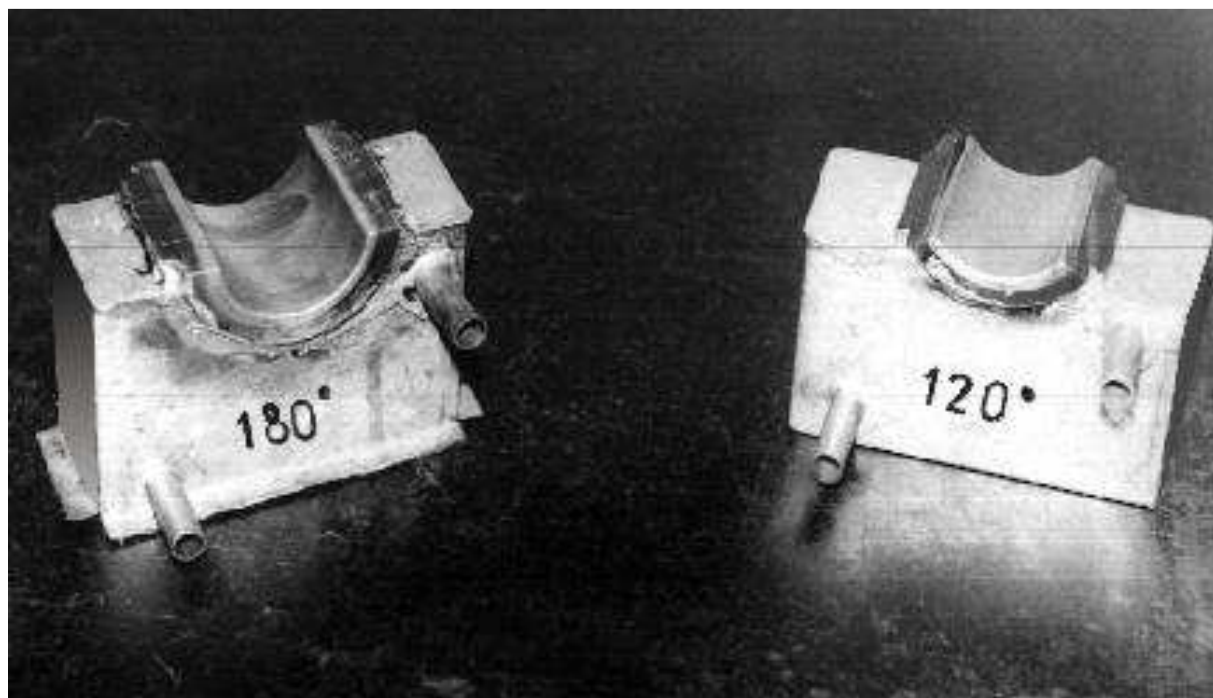
Por lo antes expuesto se ha realizado un estudio comparativo del coeficiente de fricción de los Babbitts Fórmula V y B-16, y de la influencia que ejercen sobre estos la presión de trabajo y el ángulo de contacto.

## 2. Desarrollo

Para desarrollar la investigación los cojinetes de deslizamiento probeta se construyeron con respaldo de acero CT-3, recubierto con el metal Babbitt. El vertido se efectuó de forma manual y posteriormente fueron maquinados, obteniéndose un espesor de 3.5 mm acorde con las recomendaciones de la bibliografía especializada [2], [3] y una rugosidad de 0.4 Ra.

Los parámetros geométricos de los cojinetes de deslizamiento probeta se establecieron de acuerdo con los requerimientos establecidos para este tipo de cojinete por Shigley [4] y Dobrovolski [3], siendo estos:

$$l/d = 1.26 \text{ y un juego radial de } 0.11 \text{ mm.}$$



**Fig.1** Cojinetes de deslizamiento probetas.

En la planificación de los experimentos se empleó la teoría del “Diseño de Experimentos”, utilizándose un diseño de tipo factorial  $N^k$ ,

donde:

N: niveles donde fluctuarán las variables independientes.

k: variables independientes.

Para los ensayos se fijaron dos niveles (máximo y mínimo) y dos variables independientes: el ángulo de contacto ( $\alpha$ ) y la presión de trabajo ( $p$ ), como se muestra a continuación.

Mínimo	5	120°
--------	---	------

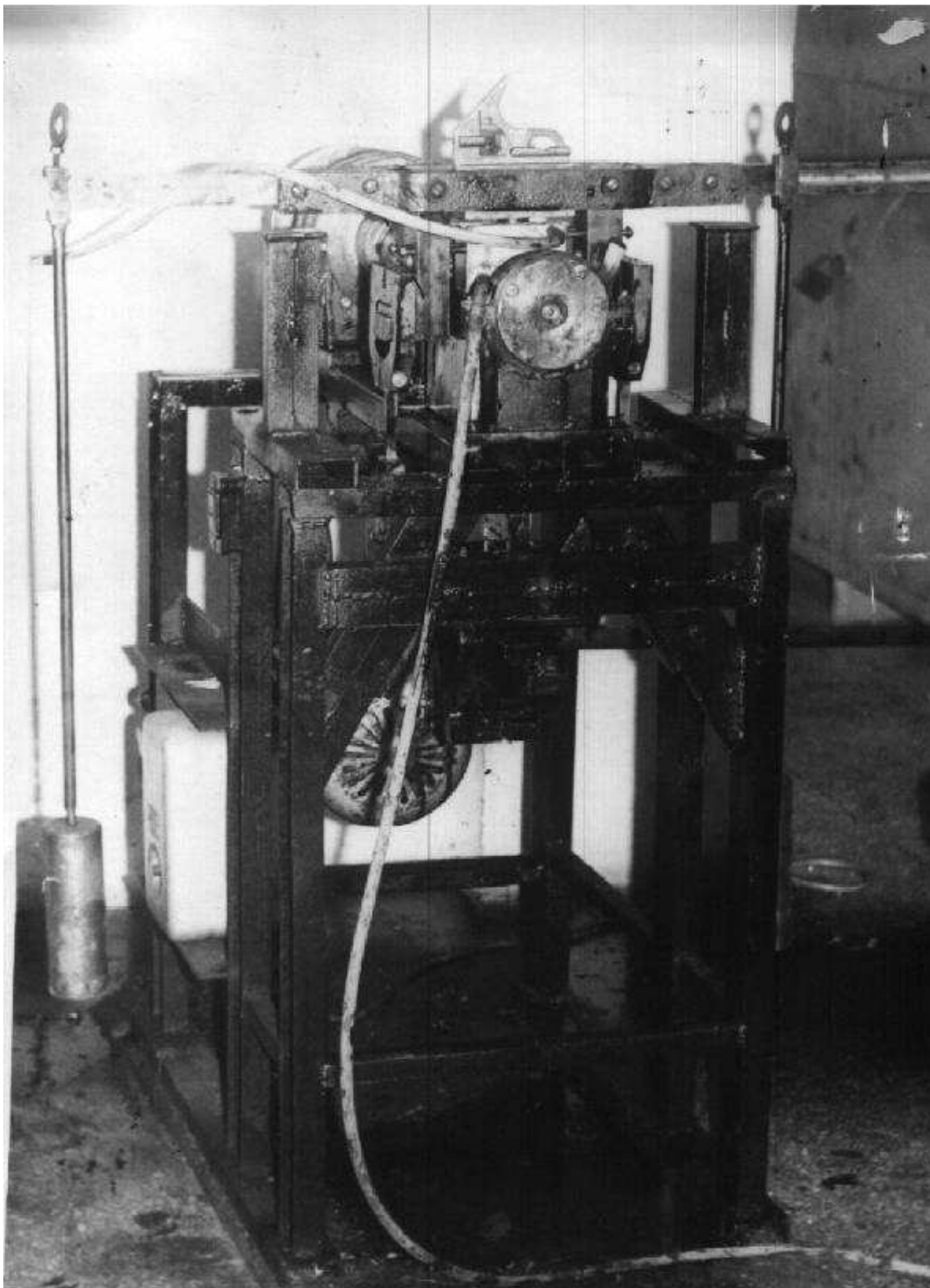
La velocidad de deslizamiento entre los pares cinemáticos fue de 0.16 m/s y el lubricante utilizado Guijo 300. El árbol es de acero 35 rodillado con una rugosidad de 0.2 Ra.

Las corridas experimentales de los cojinetes probetas se efectuaron en la instalación que muestra la figura 2.

Antes de efectuar las mediciones del coeficiente de fricción las probetas fueron asentadas para lograr un contacto plano en toda la superficie de las mismas. Los ensayos se realizaron tres veces. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos experimentalmente.

**Tabla 2.** Variables fijadas para los ensayos.

Niveles de las variables	p (MPa)	$\alpha$
Máximo	7	180°



**Fig. 2.** Instalación experimental.

**Tabla 3.** Coeficientes de fricción.

Metal antifricción	p (MPa)	$\alpha$ (grados)	Mediciones			f promedio
			1	2	3	
Fórmula V	5	120	0.071	0.070	0.073	0.071
	7	120	0.059	0.060	0.061	0.060
	5	180	0.086	0.082	0.087	0.085
	7	180	0.076	0.081	0.076	0.077
B-16	5	120	0.074	0.071	0.074	0.073
	7	120	0.061	0.064	0.061	0.062
	5	180	0.083	0.089	0.086	0.086
	7	180	0.078	0.081	0.077	0.078

Estos datos fueron procesados en un programa de "Regresión Lineal Múltiple" para obtener la interrelación existente entre las variables independientes. La ecuación general empírica que rige esta relación es:

$$f = k + mp + n\alpha \quad (1)$$

donde:

k: constante.

m y n: coeficientes de regresión.

p: presión de trabajo.

$\alpha$ : ángulo de contacto.

**Tabla 4.** Ecuaciones empíricas particulares obtenidas para los Babbits estudiados.

Material	Ecuación	Coeficiente de regresión ( $R^2$ )	Variación máxima explicable	$F_{cal}$	$F_{tab}$
Babbitt Fórmula V	$f = 0.06942 - 0.00475p + 0.00792\alpha$	0.9499	96.12 %	1.19	3.39
Babbitt B-16	$f = 0.07492 - 0.00458p + 0.00741\alpha$	0.9522	96.87 %	1.02	3.39

Del análisis de los datos y las ecuaciones de la tabla 4 se observa que:

- En el rango de presión analizado el coeficiente de fricción disminuye con el aumento de la presión. Este resultado concuerda con los experimentos realizados por Bowden [5] y Kalesnikova [6].
- Con la disminución del ángulo de contacto del cojinete de deslizamiento, disminuye el coeficiente de fricción, obteniéndose los menores valores del coeficiente de fricción para el ángulo de contacto de 120°.
- De las variables independientes analizadas la que mayor influencia ejerce sobre el coeficiente de fricción es el ángulo de contacto.

### 3. Conclusiones

Comparando los Babbitts utilizados, se justifica económicamente el uso del Babbitt B-16 en sustitución del Babbitt Fórmula V atendiendo a que este último posee un 86% de estaño contra un 16% del primero, para las condiciones de explotación correspondiente a una presión de 5 a 7 MPa y un ángulo de contacto de 1200 a 1800, con una velocidad de deslizamiento de 0.16 m/seg, ya que los mismos presentan similares comportamiento del coeficientes de fricción y propiedades mecánicas.

### Bibliografía

- Guliaev, A.P: "Metalografía". Tomo 2. 307-311 pp. Editorial Mir, Moscú. 1976.
- Rodríguez Martínez, Calixto; Díaz Díaz, José Miguel: "Investigación del coeficiente de fricción en las chumaceras superiores de los molinos de caña". Revista de Asociación de Técnicos Azucareros (ATAC) No.4 ; 13-15 pp. Julio-Agosto, 1984.

3. Dobrovolski, V.I. y otros: "Elementos de Máquinas" ; 522-525 pp. Editorial Mir, Moscú, 1970.
4. Shigley, Joseph Edward: "El proyecto en Ingeniería Mecánica" 383-385 pp. Editora Revolucionaria. Instituto del Libro.
5. Bowden, F.P. and Tabor "The friction and lubrication of solids Oxford of the Clarendon Press. 195-196 pp. 1950.
6. Kalesnikova, V.S. y Beloiusov, N.N: "Friction and Wear in Machinery. Editorial Pergamon Press, Volumen 4. 95-96 pp. 1960.

---

## Babbitts comparative Study About Fórmulas V and B-16

### Abstract

In this work is made a comparative study about the friction coefficients of Babbitts metals, Fórmula V and B-16, taking into account influence the pressure and contact angle between shaft and bearing. Empirical relations for both antifriction materials are given.

**Key words:** Babbitts, pressure, contact angle, plain bearings.

# I Conferencia de Ingeniería del Transporte

Septiembre 12 - 15, 2000, La Habana, Cuba



---

### TEMAS PRINCIPALES

---

**Ingeniería para la Automoción, Motores de Combustión Interna, Explotación Técnica del Transporte, Planificación de las Transportaciones. Técnicas de Transporte Alternativo. Mantenimiento y Explotación Técnica del Transporte.**

---

---

**Para enviar resúmenes o solicitar información adicional**

---

**Comité Organizador CCIM'2000**  
**Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba**  
**Teléfono: (537) 20 2267      Fax: (537) 27 1208**  
**E-mail: ccim@mecanica.ispjae.edu.cu**