



Comparación del rendimiento de corte de hojas de sierra bimetálicas

Maceira, Gustavo ^{1,2*}, Abate, Germán ^{2,3}, Martínez Kraemer, Daniel ^{1,2}

¹ Cátedra Tecnología Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

² Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Avenida General Paz 5445, (1650) Miguelete, Pcia de Buenos Aires, Argentina, TE: 0054-011-4754-4072, e-mail: mkraemer@inti.gob.ar

³ Becario del Consejo Interuniversitario Nacional

RESUMEN

Dados los mínimos antecedentes existentes, en este trabajo, se comparó el rendimiento de hojas de sierra bimetálicas, adoptando la Norma BS 1919, para diseñar la metodología experimental. Se realizaron entonces ensayos de rendimiento de tres marcas diferentes que se comercializan en el mercado argentino, identificadas como A, B y C. Los ensayos se efectuaron sobre barras laminadas de acero SAE 4340 tratadas a una dureza de 38HRc. Se emplearon tres hojas por marca, y se determinaron tres variables de respuesta: tiempo del primer corte, tasa de desgaste y tiempo para diez cortes. Mediante un proyector de perfiles, se definieron los ángulos de filo para cada marca, con el objeto de establecer alguna posible relación entre las variables de respuesta, y el citado ángulo.

Efectuados los análisis estadísticos, las hojas designadas como C presentaron los menores valores tanto para los promedios como para las desviaciones estándar. Por otra parte, el tiempo para diez cortes, fue la variable de respuesta que presentó la mejor sensibilidad, para distinguir las hojas entre sí. Un análisis global de los resultados indica que, no parecieran existir diferencias significativas entre las hojas de marcas A y B, mientras que las hojas marca C fueron distintas, tanto respecto de las hojas A como de las B.

Desde el punto de vista metalográfico, las hojas de las tres marcas resultaron similares tanto en su microestructura, como en su dureza.

A pesar que, no fue posible establecer correlación alguna, entre las variables de respuesta estudiadas, y el ángulo de filo, se advierte una tendencia que, a medida que aumenta el ángulo de filo, se produce una disminución de las tres variables de respuesta. Es decir, mayor ángulo de filo, menor tasa de desgaste, menor tiempo de primer corte, y menor tiempo para efectuar diez cortes.

Palabras Claves: Rendimiento, hojas de sierra, bimetálicas, BS 1919.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



UTN.BA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

Si bien la aparición de las hojas de sierra construidas en acero rápido, representaron un enorme avance en la capacidad de corte, frente a aquellas manufacturadas en acero al carbono, las de acero de alta velocidad, siempre mostraron como punto débil, su extrema fragilidad. Fue esta razón y no otra, la que impulsó a la empresa sueca Sandvik [1] a desarrollar a principios de la década del 70, las denominadas hojas de sierra bimetálicas, a partir de conformar por soldadura mediante un haz de electrones, un fleje constituido por dos materiales: acero rápido destinado a la zona de corte, y un acero para resortes (habitualmente AISI 6150 o AISI 6135 según [2]), muy flexible, para el resto del fleje. Fue así que se obtuvo una hoja prácticamente irrompible, con la capacidad de corte habitual de aquellas de acero rápido. Tal fue el éxito de estas herramientas, que actualmente, en muchos de los países desarrollados, ya no es posible encontrar otro tipo de hojas de sierra, que no sean las bimetálicas.

Con el objeto de conocer el estado del arte, una revisión de la bibliografía sobre trabajos de aserrado, muestra muy pocos antecedentes, a saber:

Lewis y otros [3], trabajaron con el objetivo de optimizar las condiciones de aserrado aplicado sobre barras de aleaciones de níquel, a los efectos de maximizar la vida útil de las sierras de corte.

Las aleaciones de níquel, dada su microestructura del tipo austenítico, se caracterizan por su mala maquinabilidad, motivando así un rápido desgaste del filo cortante de la herramienta.

Los ensayos diseñados para evaluar la performance de la sierra de disco, se basaron en establecer a partir de mediciones de la energía específica de corte, que relación de velocidad de corte y avance por diente, producían una disminución de este valor, y a partir de los ensayos efectuados, encontraron una dependencia con el material de corte, como también una disminución exponencial de la energía específica, con el aumento del avance por diente.

Por otra parte, **Nowak** [4], a partir de ensayos de rendimiento basados en la Norma BS1919, buscó establecer entre dos tipos de acero rápido, ambos al molibdeno, cual de ellos proveía a hojas de sierra bimetálicas, del mejor comportamiento, en términos de cantidad total de cortes efectuados. Las pruebas fueron realizadas utilizando aceros rápidos del tipo SAE M2 y SAE M42, resultando claramente superior el mencionado en último término.

Posteriormente, se procedió a efectuar un análisis pormenorizado de las Normas BS en sus versiones año 1967 [5] y años 1993-1995 [6,7], con el objeto de conocer sus diferencias, y a partir de allí, diseñar la metodología experimental, adaptada a las posibilidades técnicas del grupo de trabajo. Un resumen del contenido principal extractado es el siguiente:

En principio se observa que la Norma en su versión 1967 no contemplaba las hojas de sierra bimetálicas, cuya aparición en el mercado internacional, ocurrió en la década del setenta, situación que si sucede con la Norma BS 1919: Part 2: 1995.

En la versión correspondiente al año 1967, y en la BS 1919: Part 2: 1995, se tratan específicamente las condiciones de ensayo para realizar pruebas de performance de hojas de sierra, tanto de las de uso manual, como aquellas para uso en máquina, así como también se establecen los valores límites para la aceptación (aprobación) de estas hojas.

En referencia a las condiciones de ensayo, presentamos a continuación una tabla comparativa de ambas versiones, para las distintas variables de ensayo que se aplican a hojas bimetálicas para uso manual:

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

Tabla I *Comparativo de las variables de ensayo para las dos versiones de BS 1919*

Variable de ensayo	Norma BS 1919:1967	Norma BS 1919: Part 2:1995
Golpes por minuto	64 ± 2	70 ± 2
Material a cortar	SAE 1060 o superior	Acero inoxidable SAE 304
Dureza del material	(303 a 335) HV	(180 ± 12) HV
Sección del material a cortar	Redondo de ϕ 28mm	Planchuela 25mm x 2,6mm
Carrera (mm)	150	153 ± 1
Carga a ½ carrera (kg)	5,5	5,7
Tensión de la hoja (N/mm ²)	-----	170 ± 40
Lubricante	No	No

Al respecto de los criterios de detención y límites de aceptación, para hojas de sierra manual de acero rápido, con 24 dientes por pulgada, se presenta la tabla siguiente:

Tabla II *Criterios de detención/aceptación para hojas de sierra manual en dos versiones de BS 1919*

Criterios de detención / aceptación	Norma BS 1919:1967	Norma BS 1919: Part 2:1995
Número de cortes	36	10
Tiempo máximo de corte para una sección (minutos)	9	-----
Tasa de desgaste	-----	40
Tiempo total de corte (min.)	-----	124
Rotura de la hoja	Si	Si

En consecuencia, ante la casi total falta de información sobre el comportamiento de hojas de sierra, sumado al interés de los usuarios por disponer de información objetiva respecto de su rendimiento, y dadas por un lado, la existencia de una Norma muy completa destinada a la evaluación de hojas de sierra, como es la Norma BS 1919, y por otro, la posibilidad cierta de trabajar sobre las hojas de sierra bimetálicas, llevaron al grupo de investigación de la cátedra de Tecnología Mecánica, a desarrollar este trabajo, que tuvo por objeto establecer una metodología experimental para evaluar el rendimiento de hojas de sierra bimetálicas, y a partir de allí, efectuar ensayos de rendimiento de tres marcas de estas hojas que se comercializan en el mercado argentino, para determinar tres variables de respuesta: el tiempo del primer corte T1, la tasa de desgaste WR y el tiempo para diez cortes T10. Paralelamente, se definieron los ángulos de filo (β), para cada marca, con el objeto de buscar alguna posible relación entre las variables de respuesta obtenidas y el citado ángulo. La totalidad de los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A partir de los datos presentados en la introducción, utilizando la información incluida en las tablas como información de referencia, y efectuadas algunas pruebas exploratorias, se realizó una adaptación a las posibilidades técnicas y económicas del grupo en lo que respecta a: 1) El equipamiento y condiciones de ensayo a utilizar; y 2) Los criterios de detención / aceptación.

Respecto del **equipamiento** a utilizar y las **condiciones de ensayo**, fueron las siguientes:

- Máquina de ensayo: Serrucho mecánico alternativo marca Romano Ind. Arg.
- Frecuencia de aserrado: 100 golpes por minuto, equivalentes a una velocidad de corte promedio de 30m/min. para una carrera de 150mm (*).
- Carrera: 150mm.
- Carga a ½ carrera: Aro dinamométrico Cosacov, apreciación 20N. Carga aproximada medida a media carrera = 8kg.
- Tiempo de corte: Cronómetro Tag – Heuer 1036.
- Tensión de la hoja: Indicador de tensión Sandvik, y torquímetro CDI modelo 702 NLDNP apreciación 2Nm. Tensión promedio medida 300N/mm².
- Geometría del dentado: proyectos de perfiles marca Prazis.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

(*) Uranga aconseja para un material similar al acero SAE 4340, una velocidad de corte en aserrado de 27m/min.

Con respecto a los criterios de **detención / aceptación**, se adoptaron los siguientes lineamientos:

- Criterios de detención:

Fueron considerados como variables de respuesta, para ser evaluadas estadísticamente, la tasa de desgaste WR (wear rate); el tiempo total para el corte de 10 secciones T10. A estas dos variables se agregó el tiempo del primer corte T1, relacionado con el estado inicial de afilado, de las distintas hojas de sierra bimetálicas.

- Criterios de aceptación:

No se pudo establecer relación alguna entre los valores medidos y los criterios de aceptación enunciados en las Normas, en razón que tanto el material, como algunas de las condiciones de ensayo, propias del equipamiento disponible, fueron diferentes de los allí indicados.

2.1 Materiales

2.1.1 Material a mecanizar

Para las pruebas de aserrado, se utilizaron barras redondas laminadas de 22mm de diámetro de acero SAE 4340.

La composición nominal de este acero fue la siguiente (% peso): 0,38 a 0,43% C; 0,15 a 0,3% Si; 0,6 a 0,8% Mn; 0,7 a 0,9% Cr; 1,65 a 2% Ni; 0,2 a 0,3% Mo; Fe balance.

Se prepararon probetas para su análisis metalográfico. La microestructura fue revelada por examen visual usando nital 2% y Vilella, con un microscopio óptico Zeiss Axiotech. La microdureza fue determinada con un microdurómetro Vickers (Shimadzu HMV 2000), usando una carga de 10N.

2.1.2 Hojas de sierra bimetálicas

Para realizar las pruebas de aserrado, se emplearon hojas de sierra bimetálicas para uso manual, de 24 dientes por pulgada, 300mm de longitud y 0.6mm de espesor.

Una vez realizados los ensayos de rendimiento, y a partir de una hoja seleccionada por cada marca, se prepararon probetas metalográficas, según procedimiento basado en la Norma ASTM E3, utilizándose como reactivo de ataque químico nital 2 % y Vilella.

Las inclusiones se clasificaron según la Norma ASTM E45, método comparativo lamina I-r, mientras que el tamaño de grano se clasificó según ASTM E112, método comparativo.

Las observaciones microscópicas se hicieron con un microscopio óptico, en tanto que la microdureza fue determinada con un microdurómetro Vickers, empleando una carga de 10N.

Se utilizaron tres hojas por marca. Cada marca fue designada como A, B y C respectivamente.

2.2 Condiciones empleadas en los ensayos

A continuación, y a manera de resumen, se presenta una tabla con las variables de ensayo, y los valores que fueron utilizados durante los mismos:

Tabla III Condiciones utilizadas durante los ensayos de rendimiento

Variable de ensayo	Valor empleado
Golpes por minuto	100
Material a cortar	Acero SAE 4340
Dureza del material	Entre 37 a 40 HRc
Sección del material a cortar	Barra redonda laminada de ϕ 22mm
Carrera (mm)	150
Carga a $\frac{1}{2}$ carrera (kg)	8
Tensión de la hoja (N/mm^2)	300
Lubricante	En seco

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



2.3 Equipamiento

Las pruebas de rendimiento se realizaron en un serrucho mecánico alternativo marca Romano, la carga sobre la hoja de sierra se midió con un aro dinamométrico Cosacov, mientras que la tensión de las hojas fue ajustada con un torquímetro CDI y controlada con un medidor de tensión Sandvik.

El tiempo de corte fue registrado con un cronómetro Tag-Heuer.

La geometría del dentado de las distintas hojas de sierra fue revelada con un proyector de perfiles marca Prazis, provisto de un sensor de borde por fibra óptica.

3. RESULTADOS y DISCUSION

3.1 Material a mecanizar

El acero SAE 4340 presentó una microestructura con herencia de bandas, constituida por martensita revenida y finos carburos precipitados homogéneamente, con un tamaño de grano austenítico N° 8.5 El nivel inclusionario fue normal, constituido por inclusiones de tipo "A" (sulfuro), serie fina N°1, y del tipo "D" (óxido), serie fina N° ½. El material analizado presentó un tratamiento térmico de temple y revenido, con una dureza promedio de $HV_{10} 374 \pm 15$.

Una imagen metalográfica correspondiente a la sección transversal se observa en la Figura 1.

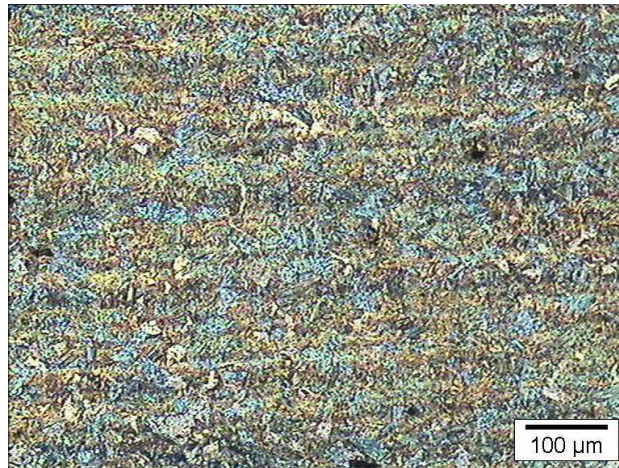


Figura 1 *Microestructura del acero SAE 4340 (100x).*

3.2 Hojas de sierra bimetálicas

3.2.1 Análisis metalográfico

Desde el punto de vista metalográfico, las tres muestras analizadas (una por marca), presentaron marcadas similitudes, tanto en lo que respecta al material del fleje, como aquel del sector cortante.

El material tenaz del fleje, ha revelado una microestructura constituida por matriz de martensita revenida, con un tamaño de grano austenítico entre N° 7,5 a 8,5.

Respecto del sector de corte, se hallan soldados al anterior, presentando una microestructura constituida por matriz de martensita fina revenida, con finos carburos globulares homogéneamente precipitados. En todos los casos, el tratamiento térmico fue de temple y revenido.

Respecto de las inclusiones, el nivel inclusionario en las tres muestras fue bajo y estuvo constituido principalmente, por inclusiones tipo "A" sulfuro y tipo "D" oxido.

En las figuras 2, 3 y 4, se observan respectivamente imágenes metalográficas correspondientes al material del sector tenaz del fleje, y del sector cortante, de las tres muestras analizadas.

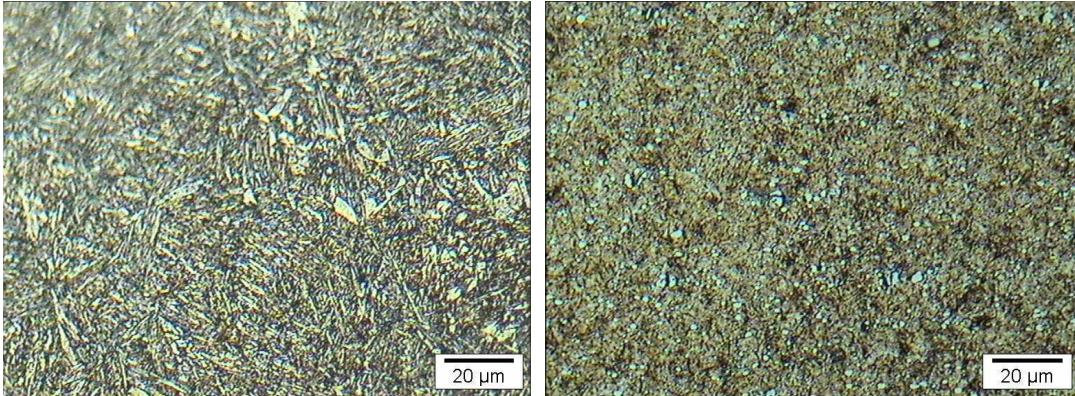


Figura 2 Microestructura del fleje (derecha) y del sector cortante muestra A (500X).

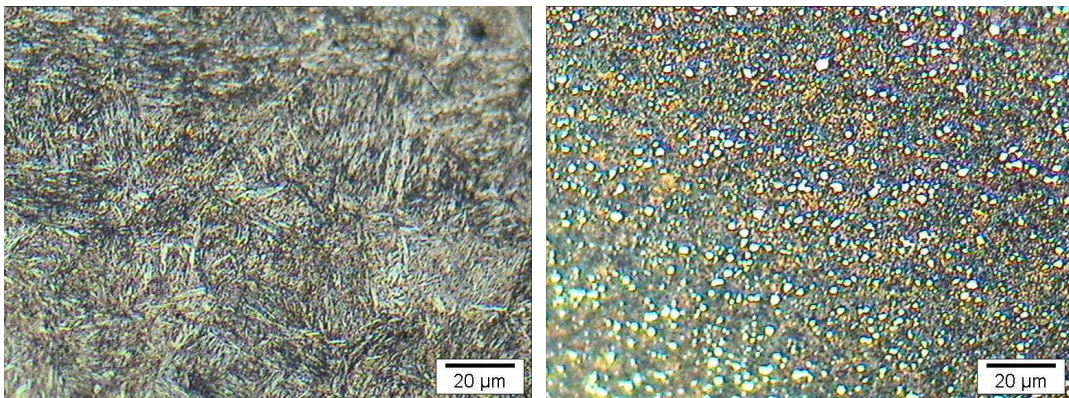


Figura 3 Microestructura del fleje (derecha) y del sector cortante muestra B (500X).

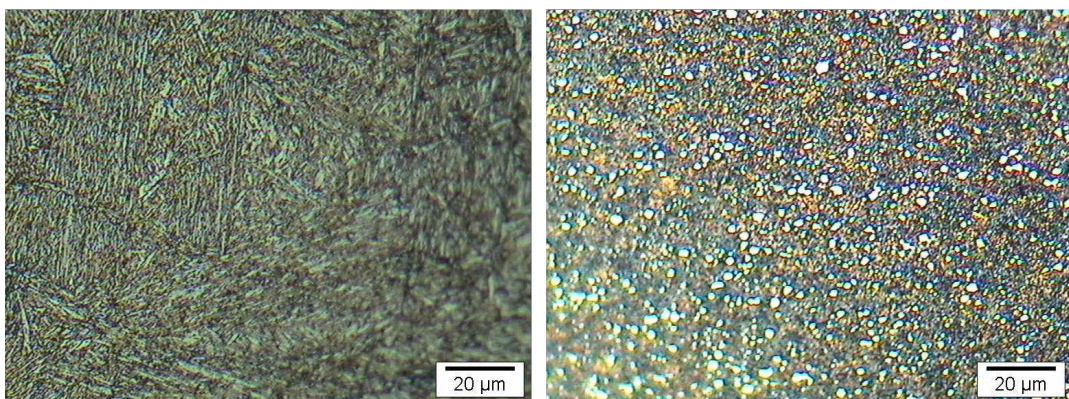


Figura 4 Microestructura del fleje (derecha) y del sector cortante muestra C (500X).

En referencia a la dureza, en la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos sobre las distintas muestras, en función del lugar de la determinación, observándose la misma tendencia:

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



Tabla IV Valores de dureza sobre las muestras

Muestra marca	Lugar de la determinación	HV ₁₀ (N)	HRC Promedio (**)
A	Núcleo fleje	430 – 436	43
	Núcleo sector corte	870 – 874	66,5
B	Núcleo fleje	471 – 477	46,4
	Núcleo sector corte	893 – 895	66,8
C	Núcleo fleje	502 – 513	48,5
	Núcleo sector corte	893 – 903	66,8

(**) Conversión de dureza Vickers a Rockwell "C", de tabla N°1 de la Norma ASTM E140.

3.2.2 Angulo de filo β

Antes de realizar las pruebas de corte, se trabajó con el total de hojas a ensayar (3 marcas x 3 muestras por marca = 9 hojas), con el objeto de determinar un valor del ángulo de filo β , representativo de la geometría del dentado para cada marca.

En primer lugar, se presentan en las figuras 5, 6 y 7 imágenes tomadas sobre el proyector de perfiles, que permiten apreciar las diferencias de forma de los dentados para las distintas marcas.



Figura 5 Dentado correspondiente a una hoja de sierra marca A (50x)

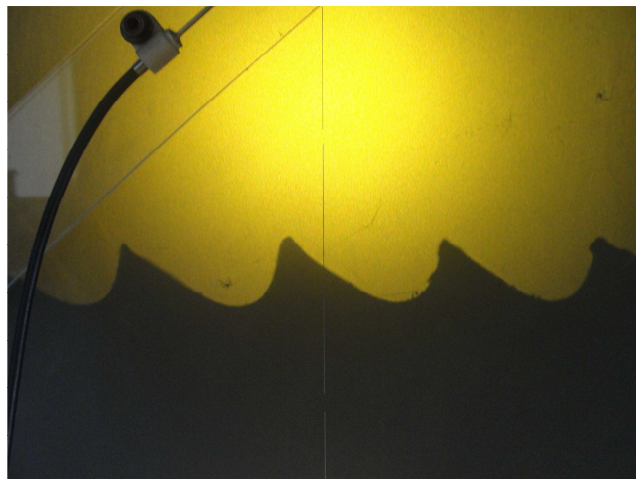


Figura 6 Dentado correspondiente a una hoja de sierra marca B (50x)



UTN.BA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

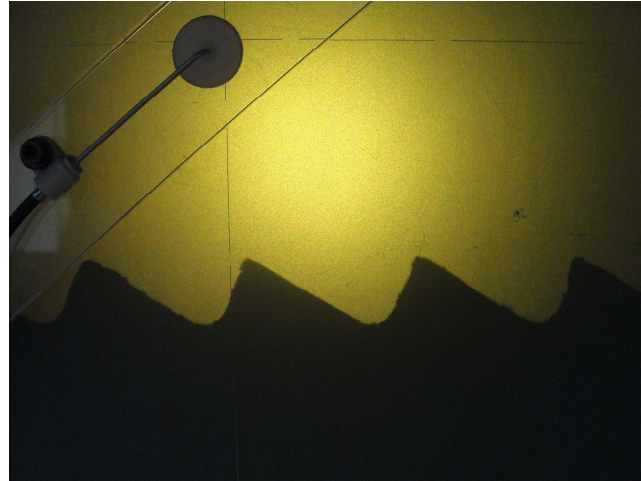


Figura 7 Dentado correspondiente a una hoja de sierra marca C (50x)

Comparando las imágenes se observa que, la hoja de sierra marca A presenta un filo con un ángulo de ataque positivo, mientras que las hojas de marca B y C, poseen ángulo de ataque negativo.

Seguidamente, en la tabla V se muestran los valores promedios para el ángulo de filo y su correspondiente desviación estándar, para cada una de las marcas ensayadas.

Tabla V Valores del ángulo de filo β para las distintas marcas de hojas de sierra bimetálicas

Hoja de sierra marca	Angulo de filo β (°)	Desviación estándar (°)
A	64,0	$\pm 5,9$
B	69,4	$\pm 6,7$
C	73,9	$\pm 8,5$

3.3 Pruebas de aserrado

3.3.1 Valores medidos:

A continuación, se presentan en la tabla VI, la totalidad de los tiempos de corte medidos, para cada corte, cada muestra, y separados por marca (A, B y C).

Tabla VI Tiempo de corte en min. medido para cada corte, cada muestra y separados por marca.

Nº de corte	Marca A			Marca B			Marca C		
	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra1	Muestra2	Muestra3
1	1,81	1,46	1,15	1,86	1,18	1,28	0,93	1,08	1,12
2	2,51	1,40	1,00	3,03	1,28	1,40	0,93	0,97	1,05
3	3,60	2,16	1,25	4,31	1,68	1,90	1,00	1,17	1,18
4	3,45	2,20	1,02	6,06	1,71	1,90	1,07	1,12	1,09
5	2,91	3,23	1,56	3,68	2,23	2,28	1,00	1,47	1,16
6	3,86	2,35	2,91	4,31	5,06	3,35	1,30	2,77	1,65
7	6,23	3,01	3,46	4,96	4,86	2,90	1,33	3,05	1,55
8	5,98	4,06	7,58	5,80	6,42	3,51	1,35	4,82	2,09
9	6,01	3,70	6,76	6,46	7,08	2,62	1,43	4,00	1,79
10	6,68	4,27	8,45	7,63	8,68	2,66	2,18	4,85	2,12
Σ	43,0	27,8	35,1	48,1	40,2	23,8	12,5	25,3	14,8



3.3.2 Tratamiento estadístico de los valores medidos:

Para determinar la tasa de desgaste WR, hacemos uso de la expresión recomendada en la BS 1919 [6], a saber:

$$WR = \frac{N * \sum n * X_n - \sum n * \sum X_n}{N * \sum n^2 - (\sum n)^2} \quad (1)$$

Donde:

WR = tasa de desgaste.

N = Número total de cortes (10).

n = número de corte (1, 2, 3, 4, etc).

X_n = número de carreras necesarias para realizar un corte (resulta de multiplicar la cantidad de golpes por minuto del serrucho, por la duración medida de cada corte).

Para la comparación estadística del rendimiento de las hojas de sierra de distintas marcas, fijadas una o más variables de respuesta (WT, T10 y T1), mejor será la capacidad (sensibilidad) del método de ensayo, para poder diferenciarlas, cuanto mayor sea la separación entre los valores promedios medidos (rango p) para el grupo de sierras evaluadas, y siempre que estos resulten asociados con una desviación estándar porcentual σ% acotada (baja variabilidad).

En tal sentido, Belluco [8], sugiere la utilización de la relación entre la desviación estándar experimental σ y el rango de variabilidad p, es decir la razón σ/p, como una medida de la sensibilidad que posee una variable, para obtener la diferenciación buscada (se entiende por variable sensible, aquella cuya relación σ/p resulte comprendida entre de 0,2 a 0,5).

Con el objeto de confirmar el resultado mostrado en la Tabla VII (ver variable T10), y en las figuras 9 y 10, se han realizado una corrida estadística de Anova de un solo factor, por cada variable de respuesta. En ella, un valor para el estadístico p próximo a 0,05 indicaría la existencia de diferencias significativas, entre las sierras estudiadas.

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Hipótesis nula H0: las medias de las variables de respuesta de las tres marcas de sierras evaluadas son iguales.

Hipótesis alternativa Ha: algunas de las medias de las variables de respuesta de las tres marcas de sierras evaluadas no son iguales.

En la tabla VII se presentan los valores correspondientes a las tres variables de respuesta analizadas, así como también sus desviaciones estándar, y los estadísticos p y σ/p.

Tabla VII Valores de WR, T10, T1, así como de los estadísticos p y σ/p.

Hoja (marca)	Wear Rate WR	Tiempo para 10 cortes T10 (min)	Tiempo primer corte T1 (min)
A	54,2	43,0	1,81
	88,7	27,8	1,46
	31,8	35,1	1,15
	58,2 ± 28,7	35,3 ± 7,6	1,47 ± 0,33
B	48,9	48,1	1,86
	87,3	40,2	1,18
	20,0	23,8	1,28
	52,1 ± 33,8	37,4 ± 12,4	1,44 ± 0,37
C	10,6	12,5	0,93
	48,8	25,3	1,08
	12,5	14,8	1,12
	24,0 ± 21,5	17,5 ± 6,8	1,04 ± 0,10
Estadístico	p = 0,35	p = 0,07	p = 0,21
	σ/p=28/34,2=0,82	σ/p=8,9/19,9=0,44	σ/p=0,27/0,43=0,62



De la observación de los resultados se desprende que, aquellos resaltados en **rojo** representan el menor valor para la variable de respuesta, mientras que en **azul** indica la posición intermedia, y en negro el valor más alto.

La única variable de respuesta que puede ser utilizada para diferenciar las distintas marcas de hojas de sierra ensayadas, fue la variable T10, dado que el estadístico p resultó muy próximo a 0,05 y la relación σ/ρ fue menor a 0,5.

3.4 Gráficos de cajas y barras

En las figuras 8, 9 y 10 se observan los diagramas de cajas para las variables de respuesta estudiadas.

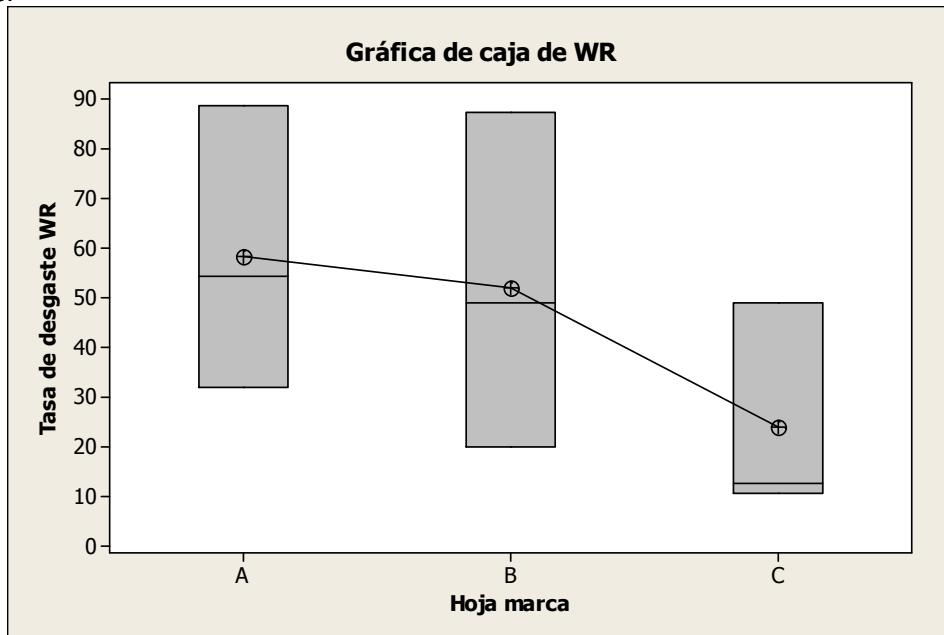


Figura 8 Diagrama de caja para la tasa de desgaste.

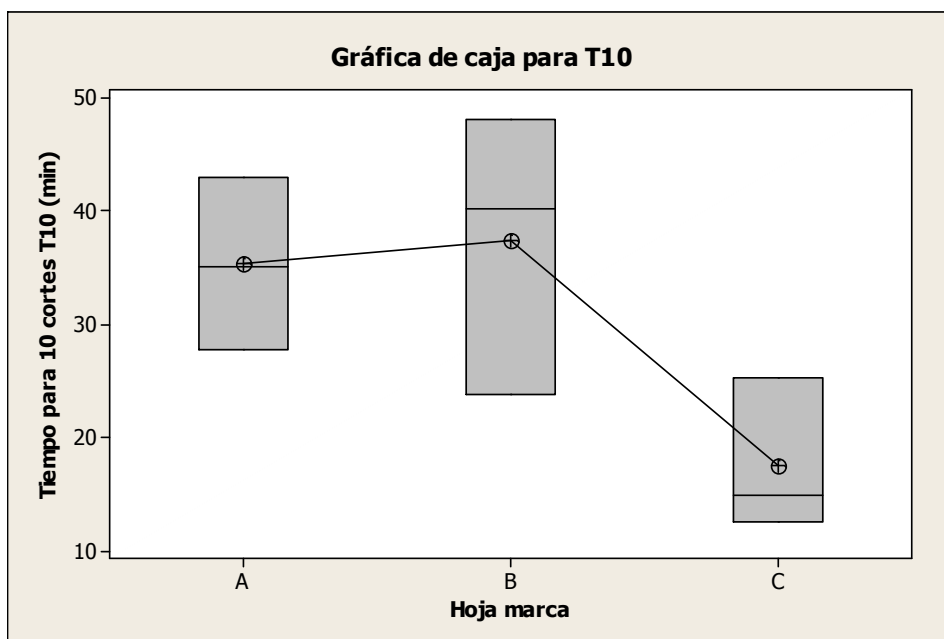


Figura 9 Diagrama de cajas para el tiempo para diez cortes.

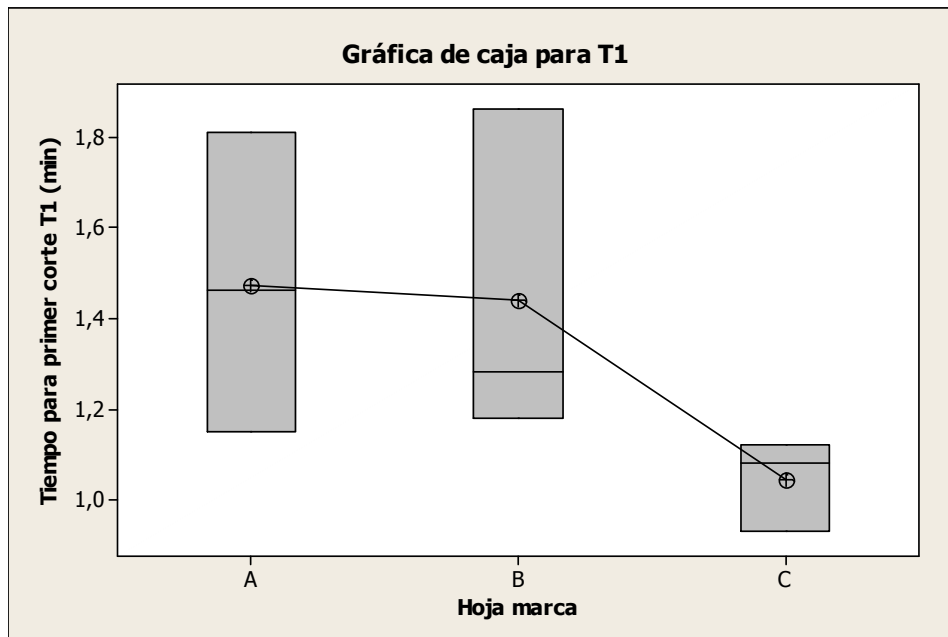


Figura 10 Diagrama de cajas para el tiempo para el primer corte.

A partir de estos gráficos queda evidenciado que, las marcas A y B no presentan diferencias significativas en ninguna de las tres variables de respuesta estudiadas. En tanto, la marca C presentó en todos los casos los menores valores promedios, como también la menor dispersión. Inclusive para la variable T1, parecería exhibir diferencias significativas en su comportamiento, tanto respecto de las hojas de sierra marca A, como de las de marca B, mientras que, para la variable T10, respecto de la marca A.

3.5 Análisis de regresión

Se pretendió establecer una relación entre las distintas variables de respuesta, partiendo de sus valores promedios y considerando las tres marcas de sierras analizadas, respecto del ángulo de filo, a partir de los valores agrupados en la tabla siguiente:

Tabla VIII WR, T10 y T1 versus Angulo de filo β

Hoja marca	Angulo β	WR	T10 (min)	T1 (min)
A	64,0	58,2	35,3	1,47
B	69,4	52,1	37,4	1,44
C	73,9	24,0	17,5	1,04

Análisis de regresión: WR vs. Beta

La ecuación de regresión es:

$$WR = 278 - 3,38 \text{ Beta}$$

$$R^2 = 0,843$$

Análisis de regresión: T10 vs. Beta

La ecuación de regresión es:

$$T10 = 149 - 1,73 \text{ Beta}$$

$$R^2 = 0,612$$

Análisis de regresión: T1 vs. Beta

La ecuación de regresión es:

$$T1 = 4,23 - 0,0422 \text{ Beta}$$

$$R^2 = 0,759$$

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012



Si bien en el caso de las variables tasa de desgaste WR y tiempo para el primer corte $T1$, se han obtenido valores para R^2 mayores a 0,76 no se puede asegurar la existencia de una correlación, de ninguna de las dos variables, con el ángulo de filo β .

4. CONCLUSIONES:

- Las hojas de marca C presentaron los menores valores tanto para los promedios como las desviaciones estándar, de las tres variables de respuesta evaluadas.
- El tiempo para 10 cortes, fue la variable de respuesta que presentó mejor sensibilidad durante los ensayos, para poder diferenciar las hojas entre sí.
- Por los resultados obtenidos, y analizando las tres variables de respuesta, no parecieran existir diferencias significativas entre las hojas de marcas A y B.
- Por el contrario, las hojas de marca C, para la variable $T1$, parecería presentar diferencias significativas en su comportamiento, tanto respecto de las hojas de sierra marca A, como de las de marca B, mientras que, para la variable $T10$, respecto de la marca A.
- A pesar que, no fue posible establecer correlación alguna, entre las variables de respuesta estudiadas, y el ángulo de filo de las hojas, se advierte una tendencia que, a medida que aumenta el ángulo de filo, se produce una disminución de las tres variables de respuesta. Es decir, mayor ángulo de filo, menor tasa de desgaste, menor tiempo de primer corte, y menor tiempo para efectuar 10 cortes.
- Las hojas de sierra de las distintas marcas, presentaron desde el punto de vista metalográfico, similares microestructuras y durezas, tanto para el material perteneciente al sector cortante, como aquel del sector tenaz.

REFERENCIAS

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_\(herramienta\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_(herramienta)) (página web).
- [2] <http://eberle-america.com/> (página web).
- [3] D. Lewis y otros, Analysis of the wear and failure mechanisms that develop in high speed circular saw blades when machining nickel-based alloys, *Wear*, 1996 (paper).
- [4] J. Nowak, Optimun performance in cutting edges in hacksaws, Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute, USA, 2008 (Tesis de maestría).
- [5] BS 1919:1967 Specification for Hacksaw Blades (Norma).
- [6] BS 1919: Part 1: 1993 Hacksaw blades, Specification for hand and machine hacksaw blades (Norma).
- [7] BS 1919: Part 2: 1995 Hacksaw blades, Specification for cutting performance (Norma).
- [8] Belluco W., Ph.D. Thesis, Performance testing of cutting fluids, Technical University of Denmark, Publication no. IPT 198.00 (MM00.63), Dinamarca, Diciembre 2000 (Tesis doctoral).