

Vibraciones en Máquinas Portátiles y otras de Pequeñas Dimensiones



PARTE 2:

MÁQUINAS DE JARDINERÍA Y LIMPIEZA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Título:

Vibraciones en máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones.
Parte 2: Máquinas de jardinería y limpieza

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

Begoña Juan y Seva Guevara

Juan Leiva Pérez

Rafael Sánchez-Guardamino Elorriaga

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Bizkaia (CNVM, INSHT)

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27

www.insht.es

Composición:

Azcárate & Asocia2

Edición:

Diciembre 2016

NIPO (en línea): 272-16-064-1

Hipervínculos:

El INSHT no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSHT del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Catálogo de publicaciones del INSHT:

<http://www.insht.es/catalogopublicaciones/>



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETO	4
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
3.1 MEDIOS TÉCNICOS	5
3.2 ESTRATEGIA DE MUESTREO	6
4. RESULTADOS	7
4.1 CORTACÉSPED SABO 52-S VARIO	9
4.2 CORTACÉSPED OUTILS WOLF PRO51	11
4.3 CORTACÉSPED OUTILS WOLF NTB	13
4.4 DESBROZADORA STIHL FS480	14
4.5 DESBROZADORA STIHL FS280K	16
4.6 CORTASETOS ECHO HC-1500	18
4.7 CORTASETOS HITACHI CH 62 EA (ST)	20
4.8 MOTOSIERRA STIHL 08.....	22
4.9 SOPLADORA STIHL BR420.....	24
4.10 SOPLADORA STIHL SH86.....	26
4.11 SOPLADORA STIHL BR430.....	29
4.12 PULIDORA ROTATIVA WIRBEL CS3	31
4.13 PULIDORA ROTATIVA GOLIA 53	33
4.14 PULIDORA ROTATIVA NUMATIC NPO 1425 S.....	35
4.15 HIDROLIMPIADORA KARCHER K7.85 M	36
5. CONCLUSIONES	38
5.1 ANÁLISIS POR PARÁMETRO.....	38
5.1.1 Mano Preferente vs Mano Guía.....	38
5.1.2 Diferentes útiles de trabajo	39
5.1.3 Velocidad de la máquina.....	39
5.1.4 Valor medido vs Valor declarado	39
5.1.5 Posición de la Mano Guía.....	40
5.2 ANÁLISIS POR FAMILIA DE MÁQUINAS	40
5.2.1 CORTACÉSPED	40
5.2.2 DESBROZADORAS	41
5.2.3 CORTASETOS	42
5.2.4 SOPLADORAS	44
5.2.5 PULIDORAS.....	45
6. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO DE MÁQUINAS DE JARDINERÍA Y LIMPIEZA	47
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre exposición a vibraciones mecánicas, la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas se debe realizar determinando el valor del parámetro $A(8)$, que representa el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un período de 8 horas, y comparando el valor obtenido con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que vienen fijados en el propio Real Decreto y que, para el caso de vibraciones mano-brazo, son 2,5 y 5 m/s^2 , respectivamente.

Para poder determinar el $A(8)$ mencionado se necesita conocer:

- La vibración generada por la máquina y transmitida al sistema mano-brazo del operador (representada por la aceleración eficaz ponderada en frecuencia): a_{hv}
- El tiempo de exposición del operador a esa vibración: T

Estos dos parámetros vienen relacionados por la fórmula:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

T_0 es el tiempo de exposición de referencia (8h).

En estudios anteriores se ha podido observar que las vibraciones generadas por máquinas portátiles y guiadas a mano son muy elevadas y fluctuantes. Por ello, y debido al uso generalizado que se hace de estas máquinas, se ha considerado oportuno hacer un estudio más detallado de forma que se pueda tener más información al respecto.

2. OBJETO

El objeto de este informe es presentar los resultados obtenidos en las máquinas de jardinería y limpieza dentro del proyecto "Medida de las vibraciones de máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones", cuya finalidad principal es conocer la aceleración eficaz ponderada, como magnitud que determina la vibración de las máquinas, en condiciones reales y/o simuladas de trabajo. Para ello se realizaron numerosas mediciones para cada máquina según sus diferentes usos y condiciones de funcionamiento.

Desde al año 2011 se han estudiado en este proyecto 29 máquinas a través de más de 260 ensayos, en los que se ha recopilado gran cantidad de información que ha requerido una labor compleja de análisis y estudio. En este segundo informe se presentan las 15 máquinas de jardinería y limpieza que forman parte del estudio y todas las condiciones de trabajo analizadas para cada máquina. En un informe anterior se presenta el análisis de los resultados obtenidos para 14 máquinas de mantenimiento.

Con este proyecto, por tanto, se persigue ampliar el conocimiento del comportamiento de las vibraciones al variar las condiciones de trabajo de las máquinas portátiles en situaciones reales (parámetros de la máquina, trabajador, material) y proporcionar información que facilite a los empresarios el cumplimiento de su deber de evaluar la exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas, tal y como establece el Real Decreto 1311/2005.

Este proyecto tiene el objetivo adicional de alimentar la base de datos BASEVIBRA, accesible desde la página WEB del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con datos medidos en situaciones reales, de forma que permita la evaluación por estimación de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones por el uso de máquinas portátiles y otras de pequeñas dimensiones.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo empleada cumple las especificaciones dadas en las normas siguientes:

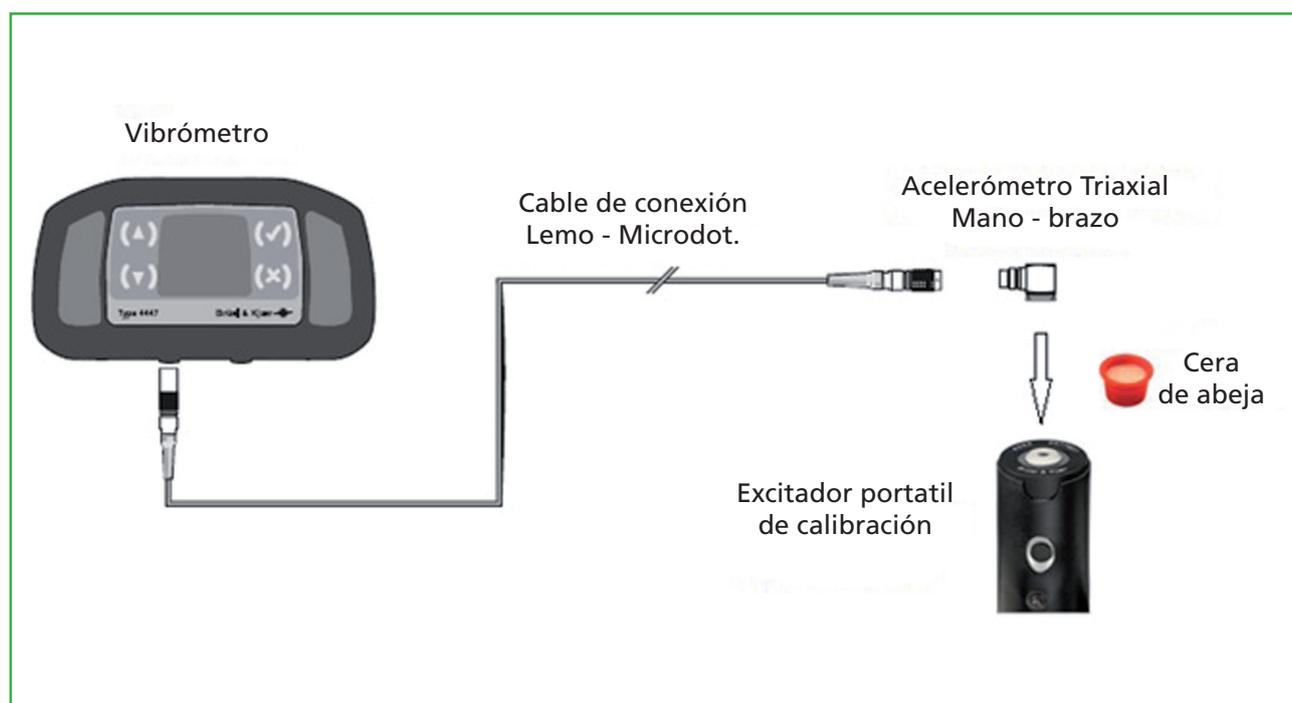
- Norma UNE-EN ISO 5349-1:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN ISO 5349-2:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo y su anexo UNE-EN ISO 5349-2:2002/A1.

3.1 MEDIOS TÉCNICOS

Los medios técnicos utilizados para los ensayos de medida de las vibraciones de máquinas de jardinería y limpieza, objeto de este informe, fueron:

- Analizador portátil de vibraciones en el cuerpo humano de 4 canales (vibrómetro tipo 4447).

Se ha utilizado este equipo portátil para recoger la medida de vibraciones de las máquinas analizadas en este informe, dado que la mayoría de las tareas realizadas con ellas requerían el desplazamiento del operario (tareas dinámicas) y, generalmente, eran tareas desarrolladas en el exterior (corte de setos, corte del césped, sopladora de hojas, etc.).



- Otros medios materiales:
 - acelerómetro triaxial mano-brazo Bruel & Kjaer, modelo 4520-002.
 - excitador portátil de calibración de acelerómetro Bruel & Kjaer, tipo 4294.
 - cables de conexión.
 - adaptadores de mano.
 - software y hardware asociado al equipo.

Estos equipos están homologados y cumplen la norma ISO 8041:2005. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.

3.2 ESTRATEGIA DE MUESTREO

Las estrategias de muestreo se han diseñado conforme a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 5349, partes 1 y 2, si bien para poder alcanzar los objetivos de este informe se han llevado a cabo un número de ensayos y unos tiempos de medición superiores a lo indicado en la norma. De tal forma que la aceleración eficaz reflejada para un ensayo corresponde a 4 o 5 medidas de campo promediadas en el tiempo, con una duración cada una de ellas entre 25-40 segundos.

En la mayoría de los casos se han intentado reproducir (en diferentes años) las mismas condiciones de trabajo, con una misma máquina, para poder hacer posteriores comparativas.

Previamente a la realización de cada uno de los ensayos, se diseñó la estrategia de muestreo en la que se establecía:

- la máquina portátil o la máquina de pequeñas dimensiones que se iba a ensayar.
- las condiciones de funcionamiento de la máquina que era de interés: velocidad, ciclos, útiles.
- las condiciones de operación: utilización con una mano o dos manos.
En el caso concreto de las máquinas que son objeto de este informe, se da la circunstancia de que para ciertas máquinas solo existía la posibilidad de asir el manillar de una única manera, independientemente de ser zurdo o diestro, por lo que la referencia a la mano preferente o mano guía, en estos casos, es meramente editorial.
- acelerómetros triaxiales a colocar y lugar más apropiado.
- número de veces a repetir cada ensayo y tiempo de muestreo de cada medida:
En la mayoría de los casos se realizaron un mínimo de cuatro medidas para cada ensayo (para una misma condición de trabajo) con una duración no inferior a 25 segundos cada medida.

Así mismo, se establecieron las condiciones de seguridad en las que los trabajadores utilizarían las máquinas durante el ensayo. Las fotografías que presentan cada máquina pretenden mostrar también, en la medida de lo posible, la localización de los acelerómetros. En algunos casos el operario aparece sin guantes de protección (con la máquina parada) para ilustrar de forma más nítida la ubicación de los acelerómetros.

4. RESULTADOS

Se han analizado 15 máquinas, con un total de 111 ensayos, con un mínimo de cuatro medidas de campo por ensayo. La mayoría de las medidas de campo realizadas reflejan situaciones reales de trabajo y en ellas han participado diferentes operarios (operario 1, operario 2 y operario 3) familiarizados con las máquinas ensayadas.

Las máquinas de jardinería y limpieza estudiadas son las que aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1
NÚMERO DE ENSAYOS REALIZADOS POR MÁQUINA

DISTRIBUCIÓN DE ENSAYOS POR MÁQUINA		
Denominación de la máquina	Ensayos	Medidas de campo
CORTACÉSPED SABO 52-S Vario	8	39
CORTACÉSPED OUTILS WOLF Pro 51	4	20
CORTACÉSPED OUTILS WOLF NTB	3	19
DESBROZADORA STIHL FS480	9	44
DESBROZADORA STIHL FS280K	17	64
CORTASETOS ECHO HC-1500	10	37
CORTASETOS HITACHI CH 62 EA (ST)	6	31
MOTOSIERRA STIHL 08	6	18
SOPLADORA STIHL BR420	7	28
SOPLADORA STIHL SH 86	11	32
SOPLADORA STIHL BR430	6	30
PULIDORA ROTATIVA WIRBEL CS3	4	13
PULDIDORA ROTATIVA GOLIA 53	8	40
PULIDORA ROTATIVA NUMATIC NPO 1425 S	4	21
HIDROLIMPIADORA KARCHER K 7.85 M	8	40
TOTAL	111	476

En este apartado se muestran las gráficas más representativas de los ensayos realizados para cada máquina estructurada de la siguiente forma:

- Una gráfica general del intervalo de aceleraciones eficaces ponderadas (a_{nv}) obtenido con todos los ensayos realizados para esa máquina. Incluye, por tanto, todos los valores obtenidos bajo las distintas condiciones de trabajo estudiadas.
- La barra de color rojo refleja el intervalo de valores de las vibraciones registradas para los diferentes ensayos realizados; y la barra de color azul, la mediana, que es el valor central de todo el conjunto de datos ordenados de menor a mayor, y que al desechar sucesivamente los valores extremos, elimina el efecto de mediciones extraordinariamente bajas o altas por causa desconocida.

- Gráficas específicas en las que se puede observar cómo varía la aceleración eficaz ponderada (eje y) al cambiar las condiciones de trabajo respecto a un determinado parámetro de ensayo (eje x). Las condiciones de trabajo y/o parámetros analizados, según máquina, fueron los siguientes:

- Vibración en mano preferente/mano guía.

Solo en aquellas máquinas en las que técnicamente existía mano preferente (la que sujeta y acciona la máquina) y mano guía (la que dirige).

En aquellas máquinas cuya posición de agarre de ambas manos era simétrica con respecto al eje central del manillar único y rígido, se optó, en la mayoría de los casos, por colocar el acelerómetro en una única posición.

- Vibración con diferentes útiles de trabajo.
- Vibración al variar la velocidad/aceleración de la máquina.
- Vibración medida en campo vs vibración declarada por el fabricante en el manual de instrucciones.
- Posición de la mano guía.

Conviene remarcar que los valores presentados a continuación son valores de aceleración eficaz ponderada en frecuencia (a_{hv}) y cuya única finalidad es orientar sobre las posibles magnitudes de vibraciones generadas por diferentes máquinas en situaciones reales de trabajo y **no corresponden al parámetro A(8)**, pues no se han tenido en cuenta los tiempos de exposición del operario a la vibración.

Por tanto, los resultados que se indican en el presente informe no se pueden comparar directamente con los Valores Límite de Exposición ni con los Valores de Exposición que dan lugar a una acción, establecidos en el Real Decreto 1311/2005.

4.1 CORTACÉSPED SABO 52-S VARIO

Marca: SABO

Modelo: 52-S VARIO

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: 4 m/s²



Imágenes del Cortacésped SABO 52-S VARIO

TABLA 2
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

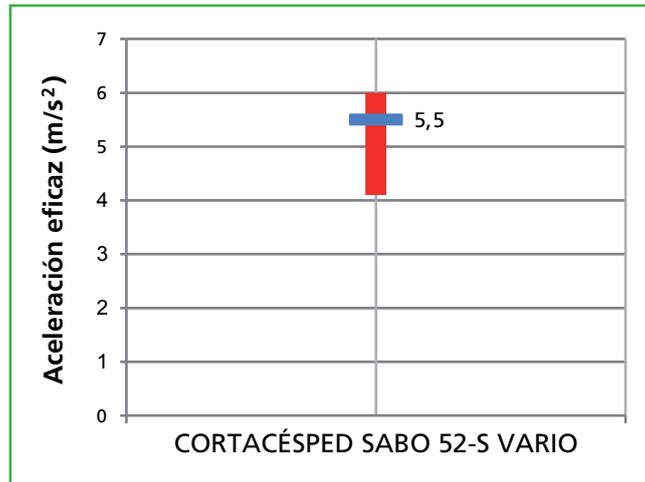
Operario 1		
Ensayos	Posición	a_{hv} (m/s ²)
Ensayo 1	central	5,3
Ensayo 3	izquierda	4,9
Ensayo 4	central	5,7
Ensayo 6	central	5,6
Ensayo 7	derecha	5,7
Ensayo 8	izquierda	5,4

TABLA 3
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 2

Operario 2		
Ensayos	Posición	a_{hv} (m/s ²)
Ensayo 2	derecha	6,0
Ensayo 5	centro	4,1

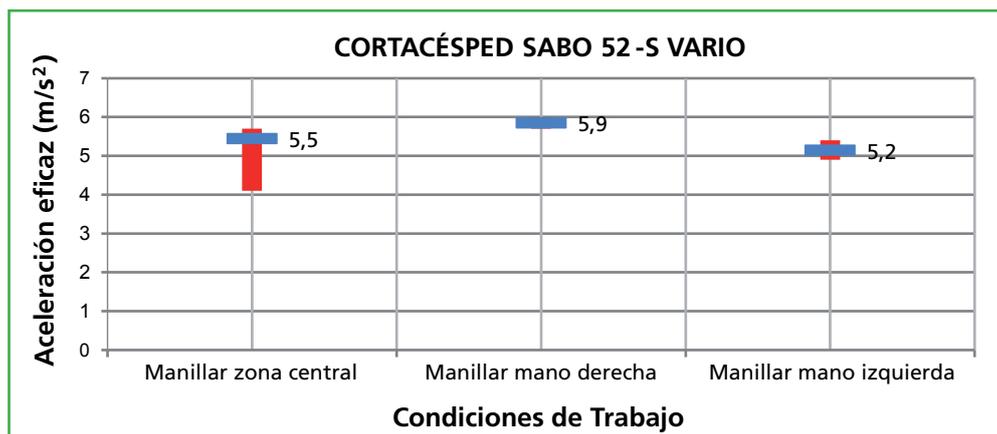
Los ensayos han sido realizados con dos operarios diferentes para ver cómo podían influir sus diferentes fuerzas de agarre en las vibraciones. También se ha estudiado el agarre en diferentes puntos del manillar (posición central, lado izquierdo y lado derecho).

Las medidas en los diferentes puntos del manillar corresponden a ensayos diferentes, ya que no se pudieron realizar las medidas simultáneamente debido a que el equipo de medida necesario para el exterior (vibrómetro portátil) sólo podía recoger la información de un acelerómetro a la vez.



Gráfica 1. Intervalo y mediana obtenidos para los ensayos realizados

Los valores de vibraciones obtenidos en los ensayos realizados son superiores al declarado por el fabricante.



Gráfica 2. Comparativa: Acelerómetro en diferentes puntos del manillar

Para el operario 1, los valores de vibraciones obtenidos son muy similares independientemente de la localización del acelerómetro. Sin embargo, para el operario 2, la vibración varía según se posicione el acelerómetro. No obstante, en la gráfica 1 se muestra la mediana de los resultados obtenidos para los dos operarios en las diferentes posiciones analizadas, confirmando la poca variabilidad de los mismos.

4.2 CORTACÉSPED OUTILS WOLF PRO51

Marca: OUTILS WOLF

Modelo: PRO51

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: no existe.



Imágenes del cortacésped OUTILS WOLF PRO51

Los ensayos con esta máquina se han llevado a cabo con dos operarios diferentes (operario 1 y operario 3) para ver cómo influía el cambio de operario. Hay que destacar que el operario 3 es ambidiestro.

Debido a la simetría y diseño de esta máquina en concreto, que obliga a empuñar el manillar de una única manera posible (sea el operario diestro o zurdo), se ha establecido que, cuando se indique mano preferente, se refiera a la mano derecha y, cuando se indique mano guía, se refiera a la mano izquierda.

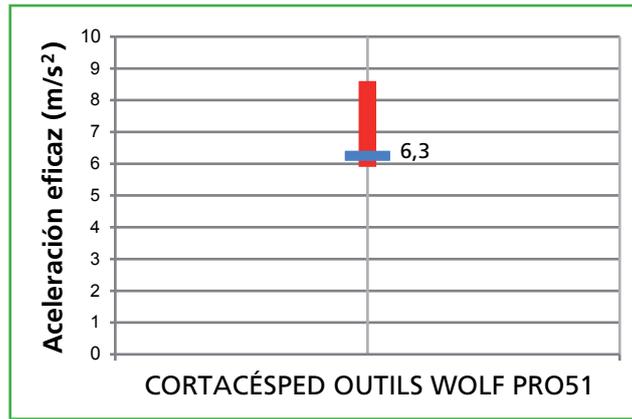
En el caso concreto de esta máquina, se han realizado ensayos para ambas manos (preferente y guía) si bien no han podido ser medidas simultáneas debido a que el equipo de medida necesario para el exterior (vibrómetro portátil) sólo podía recoger la información de un acelerómetro a la vez.

TABLA 4
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

Operario 1		
a_{hv} (m/s ²)		
Ensayos	Mano preferente	Mano guía
Ensayo 3	8,6	
Ensayo 4		6,5

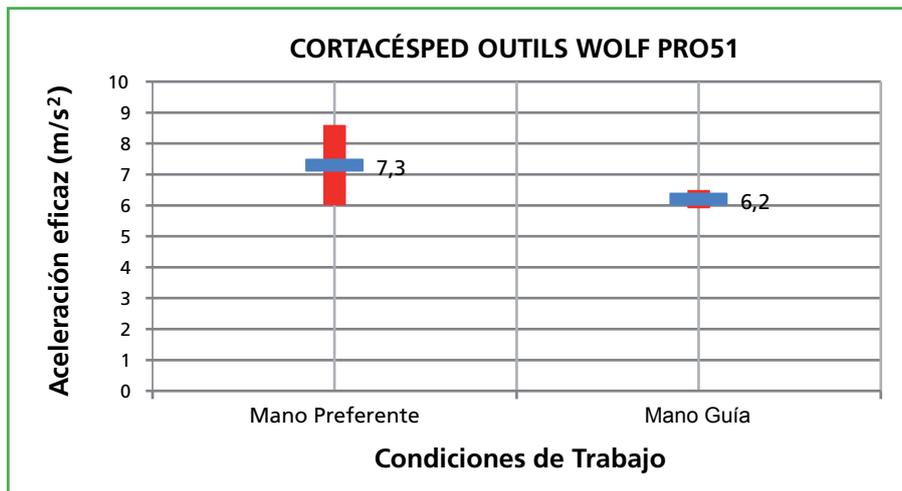
TABLA 5
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 3

Operario 3		
a_{hv} (m/s ²)		
Ensayos	Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	6,0	
Ensayo 2		5,9



Gráfica 3. Intervalo y mediana obtenidos para los ensayos realizados

No se puede comparar la mediana obtenida con los datos declarados por el fabricante por no disponer de los mismos.



Gráfica 4. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

En la Gráfica 4 se observa la comparativa que incluye los resultados obtenidos para las diferentes condiciones de trabajo analizadas (dos operarios diferentes). Se observa que la mano preferente está más expuesta que la mano guía.

Mientras que en el caso del operario 3 (operario ambidiestro) la vibración transmitida a la mano preferente es prácticamente igual que la transmitida a la mano guía, en el caso de operario 1 se observa un incremento considerable de la vibración que absorbe la mano preferente.

4.3 CORTACÉSPED OUTILS WOLF NTB

Marca: OUTILS WOLF

Modelo: NTB

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: 3,4 m/s²

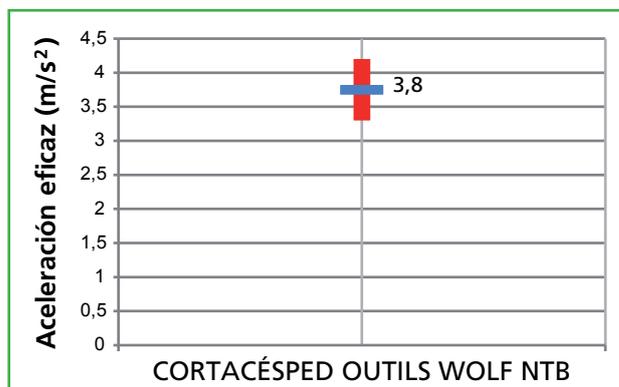


Imágenes del Cortacésped OUTILS WOLF NTB

En el caso concreto de esta máquina, se ha realizado únicamente medida de las vibraciones para una de las dos manos, la posición de estas es simétrica respecto al eje central del manillar único y rígido.

TABLA 6
ACELERACIÓN EFICAZ

Ensayos	a_{hv} (m/s ²)
Ensayo 1	4,2
Ensayo 2	3,3



Gráfica 5. Intervalo y mediana obtenidos para los ensayos realizados

La mediana obtenida en las mediciones de campo es similar al valor declarado por el fabricante (véase la Gráfica 5).

4.4 DESBROZADORA STIHL FS480

Marca: STIHL

Modelo: FS480

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: $2,8 \pm 2 \text{ m/s}^2$



Imágenes de la Desbrozadora STIHL FS480

Se han realizado un total de nueve ensayos con tres operarios diferentes: operario 1 (zurdo), operario 2 (diestro) y operario 3 (ambidiestro), para ver cómo influía el cambio de operario.

Debido a la simetría y diseño de esta máquina en concreto, que obliga a empuñar el manillar de una única manera posible (sea el operario diestro o zurdo), se ha establecido que, cuando se indique mano preferente, se refiera a la mano derecha y, cuando se indique mano guía, se refiera a la mano izquierda.

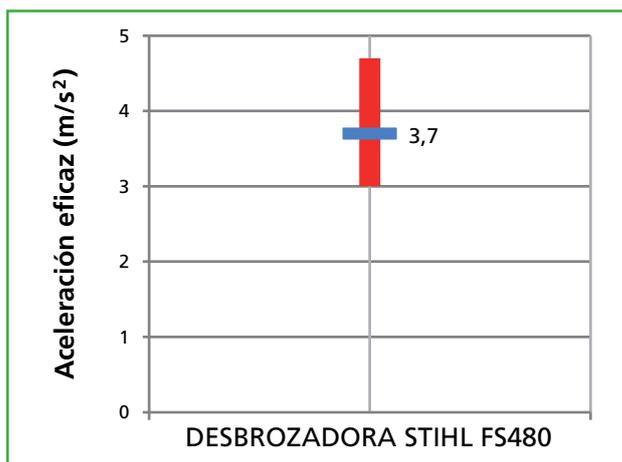
TABLA 7
ACELERACIÓN EFICAZ

Ensayos	Operario	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
			Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	3	vel. máx.	3,0	
Ensayo 2	3	vel. máx.		3,2
Ensayo 3	1	acel./desac.	4,6	
Ensayo 4	1	acel./desac.		3,7
Ensayo 5	2	acel./desac.	4,7	
Ensayo 6	2	acel./desac.	3,7	
Ensayo 7	2	acel./desac.		3,3
Ensayo 8	2	acel./desac.	4,7	
Ensayo 9	2	acel./desac.		3,1

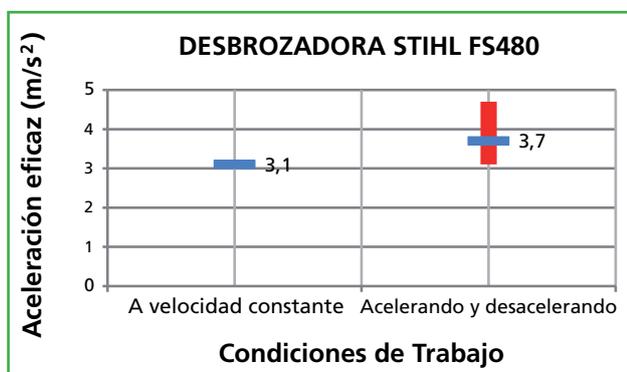
Además, se han realizado medidas de campo teniendo en cuenta los dos modos diferentes de trabajar con esta máquina según el operario:

- acelerando para cada corte y decelerando para cambiar de tajo.
- a velocidad máxima todo el tiempo (durante los cortes y durante el cambio de tajo).

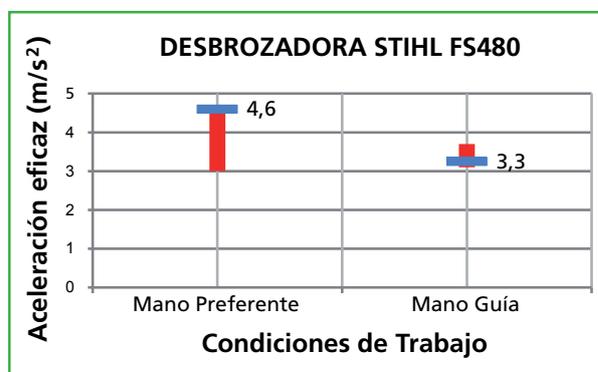
Los resultados indicados en la Tabla 7 muestran las vibraciones recogidas para la mano preferente y para la mano guía; sin embargo, dichos ensayos fueron realizados consecutivamente y no simultáneamente, ya que el equipo utilizado para trabajos en el exterior (el vibrómetro portátil) no permite recoger la información de más de un acelerómetro a la vez.



Gráfica 6. Intervalo y mediana obtenidos para las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 7. Comparativa: Velocidad constante Vs acelerando y desacelerando



Gráfica 8. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

La mediana obtenida en las mediciones de campo es ligeramente superior al valor declarado por el fabricante. Hay que tener en cuenta que en el valor de la mediana reflejado en la Gráfica 6 se han tenido en cuenta las diferentes condiciones de trabajo analizadas, que pueden no coincidir con las del fabricante. No obstante, los valores de vibraciones obtenidos en campo se sitúan dentro del intervalo de incertidumbre facilitado por el fabricante.

Hay un incremento de las vibraciones cuando se trabaja con la máquina acelerando y desacelerando, que en el caso de la mano preferente se hace más notable, mientras que en el caso de la mano guía es prácticamente despreciable (véase la Gráfica 7).

Puede decirse, de forma general, que para los tres operarios la mano preferente está sujeta a un nivel de vibraciones mayor que la mano guía (véase la Gráfica 8).

4.5 DESBROZADORA STIHL FS280K

Marca: STIHL

Modelo: FS280K

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones:

Derecha: $2,6 \pm 2 \text{ m/s}^2$

Izquierda: $3,1 \pm 2 \text{ m/s}^2$

Útil empleado: Pita (Hilo de corte)



Imagen de la Desbrozadora STIHL FS280K

TABLA 8
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 2

Operario 2			
Ensayos	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	vel. cte.	6,4	
Ensayo 2	vel. cte.		6,3
Ensayo 3	acel./desac.		5,7
Ensayo 4	ralentí		5,5
Ensayo 5	acel./desac.	3,8	
Ensayo 6	acel./desac.		5,0

TABLA 9
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

Operario 1			
Ensayos	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 7	acel./desac.	6,0	
Ensayo 8	acel./desac.		6,3
Ensayo 9	vel. cte.	4,8	
Ensayo 10	ralentí	9,6	
Ensayo 11	vel. cte.		5,6
Ensayo 12	acel./desac.	4,5	
Ensayo 13	acel./desac.		3,9
Ensayo 14	vel. cte.	3,8	
Ensayo 15	vel. cte.		3,5
Ensayo 16	ralentí	2,9	
Ensayo 17	ralentí		3,1

Para esta máquina se han realizado un total de 17 ensayos teniendo en cuenta los modos diferentes de trabajar con esta máquina:

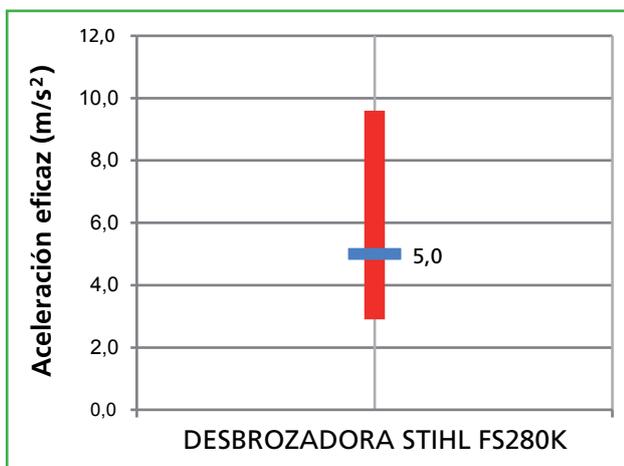
- acelerando para cada corte y decelerando para cambiar de tajo.

- a velocidad máxima todo el tiempo (durante los cortes y durante el cambio de tajo).
- a ralentí (entre cambios de tajo).

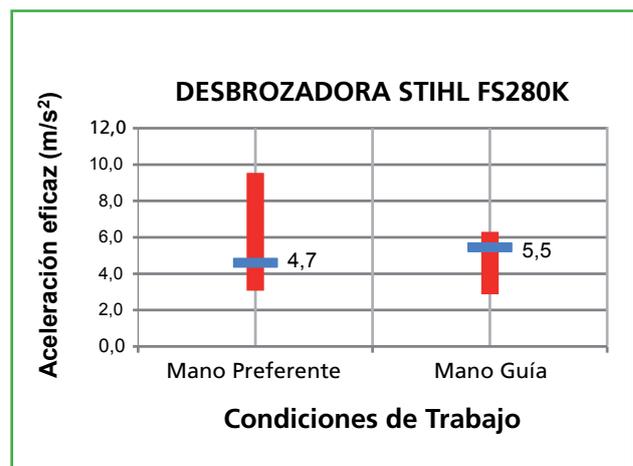
Debido a la simetría y diseño de esta máquina, que obliga a empuñar el manillar de una única manera posible (sea el operario diestro o zurdo), se ha establecido que, cuando se indique mano preferente, se refiera a la mano derecha y, cuando se indique mano guía, se refiera a la mano izquierda.

Los resultados muestran las vibraciones recogidas para la mano preferente y para la mano guía; sin embargo, dichos ensayos no pudieron ser realizados simultáneamente, ya que el equipo utilizado para trabajos en el exterior (el vibrómetro portátil) no permite recoger la información de más de un acelerómetro a la vez.

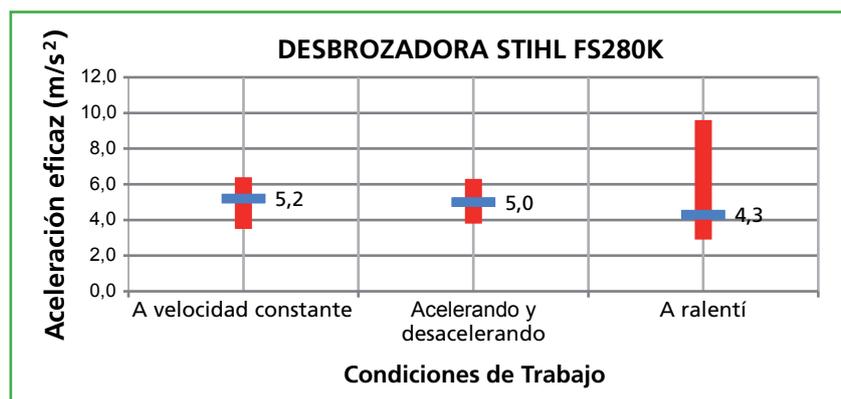
La mediana obtenida para todas las condiciones de trabajo analizadas caería dentro del intervalo de valores de vibraciones facilitados por el fabricante (véase la Gráfica 9).



Gráfica 9. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 10. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía



Gráfica 11. Comparativa: A velocidad constante Vs acelerando y desacelerando Vs ralentí

La mano guía vibra ligeramente más que la mano preferente (véase la Gráfica 10). No obstante, se ha obtenido un valor en la mano preferente, que corresponde a la medida a ralentí, en la que casi se alcanzan los 10 m/s².

El nivel de vibraciones es similar trabajando en cualquiera de los tres modos (véase la Gráfica 11). No obstante, se ha obtenido un valor a ralentí (mano preferente) en la que casi se alcanzan los 10 m/s², muy superior al resto de los valores medidos en cualquiera de los tres modos.

4.6 CORTASETOS ECHO HC-1500

Marca: ECHO

Modelo: HC-1500

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones:

- Mano preferente : 18,2 m/s²
- Mano guía: 7,1m/s²



Imagen del Cortasetos ECHO HC-1500

TABLA 10
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 2

Operario 2			
Ensayos	Potencia	a _{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	acel. máx.	15,2	
Ensayo 2	acel. máx.		9,4
Ensayo 3	acel. máx.	12,7	
Ensayo 4	acel. máx.		8,4
Ensayo 5	acel. máx.	11,9	
Ensayo 6	acel. máx.		8,5

TABLA 11
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

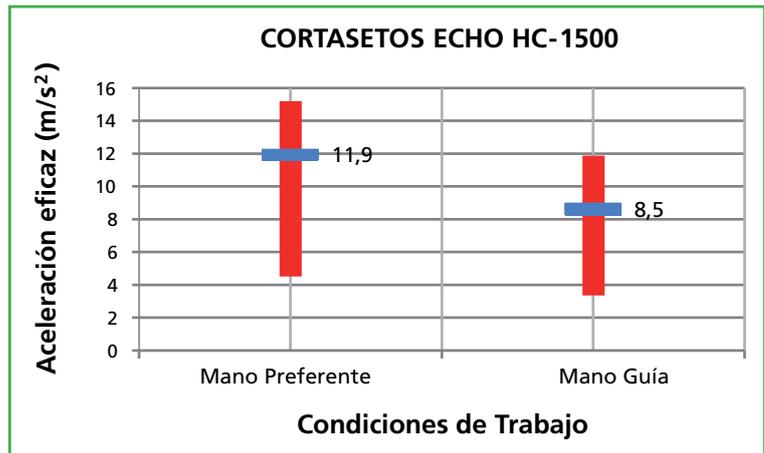
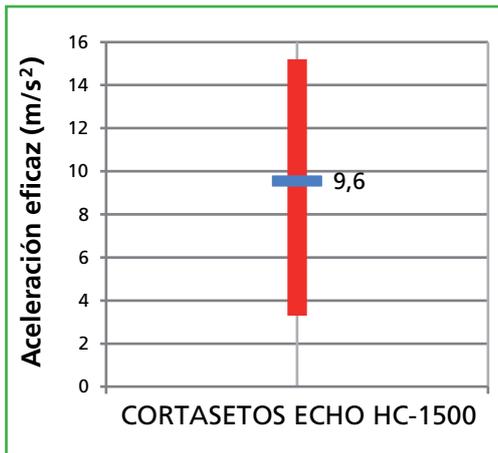
Operario 1			
Ensayos	Potencia	a _{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 7	acel. máx.	9,7	
Ensayo 8	acel. máx.		11,9
Ensayo 9	ralentí	4,2	
Ensayo 10	ralentí		3,3

Para esta máquina se han realizado un total de 10 ensayos y han participado dos operarios diferentes: el operario 2 (diestro) y el operario 1 (zurdo); y se han tenido en cuenta los dos modos de funcionamiento de la máquina: a ralentí (cuando se cambia de tajo) y con la máquina trabajando a velocidad máxima todo el tiempo (mientras realiza las tareas de corte).

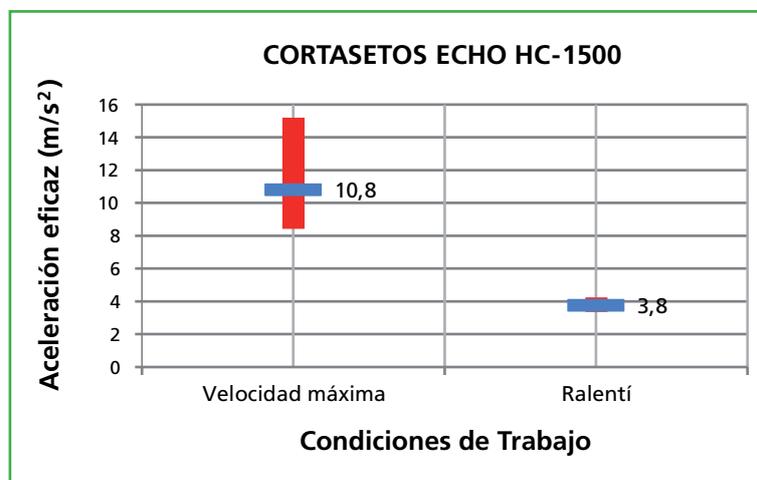
Se han realizado medidas de campo para la mano preferente y para la mano guía, si bien estas no han podido ser simultáneas, ya que el equipo de medida utilizado para el exterior (vibrómetro portátil) no permite recoger información de dos acelerómetros a la vez.

En el caso del operario 2 (diestro) los ensayos realizados a lo largo del tiempo muestran que su mano preferente está siempre más expuesta a vibraciones que su mano guía (véase la Tabla 10).

Sin embargo, en el caso del operario 1 (zurdo), se observa que, cuando se está trabajando con la herramienta a la máxima aceleración, es la mano guía la que está expuesta a más vibraciones (véase la tabla 11).



Gráfica 12. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 13. Comparativa: Velocidad máxima Vs ralentí

Con respecto a los valores de vibraciones declarados por el fabricante en su manual de instrucciones, cabe decir que para la mano preferente se han obtenido resultados muy inferiores a los valores declarados por el fabricante, mientras que para la mano guía los resultados obtenidos en las mediciones de campo son superiores a los valores declarados. No obstante, se observa que la vibración de la mano preferente es considerablemente superior a la de la mano guía tal y como señala el fabricante.

La vibración absorbida por la mano preferente y por la mano guía es muy superior cuando la máquina está trabajando a velocidad máxima (tareas de corte) que cuando la máquina está a ralentí (entre tajo y tajo o mientras descansa el operario).

Hay que tener en cuenta la diferente fuerza de agarre cuando se está realizando el corte (en la mayoría de los casos con la herramienta elevada y con los brazos separados del cuerpo) que cuando está a ralentí, que suele ser con la herramienta baja y con los brazos pegados al cuerpo.

4.7 CORTASETOS HITACHI CH 62 EA (ST)

Marca: HITACHI

Modelo: CH 62 EA (ST)

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: 5,1 – 6,5 m/s²



Imagen del Cortasetos HITACHI CH 62 EA (ST)

TABLA 12
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 2

Operario 2			
Ensayos	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	máx. cte.	5,3	
Ensayo 2	máx. cte.		6,8

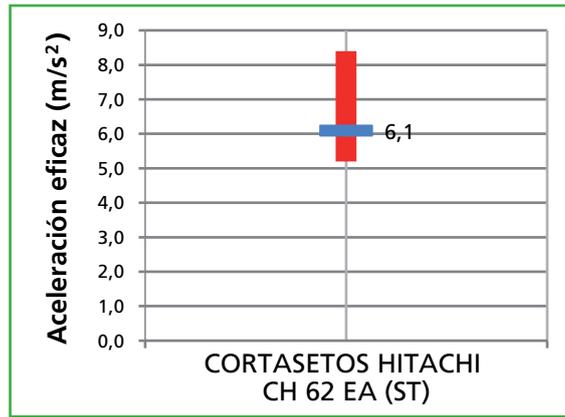
TABLA 13
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

Operario 1			
Ensayos	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
		Mano preferente	Mano guía
Ensayo 3	máx. cte.	5,4	
Ensayo 4	máx. cte.		8,4
Ensayo 5	acel./desac.	5,2	
Ensayo 6	acel./desac.		6,9

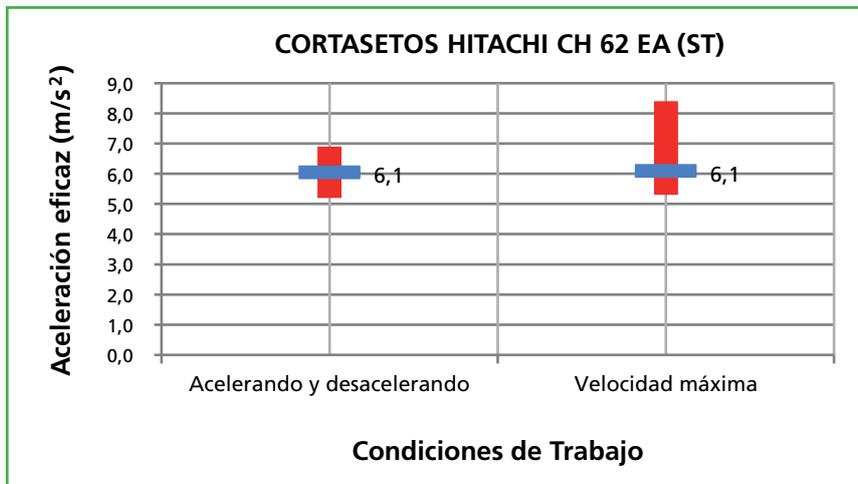
Para esta máquina se han realizado seis ensayos en los que han intervenido dos operarios: operario 2 (diestro) y operario 1 (zurdo); y se han analizado las diferentes maneras que tienen los operarios de trabajar con dicha máquina: por un lado, a velocidad máxima todo el tiempo y, por otro lado, acelerando y desacelerando según necesidad.

Se han realizado medidas de campo para la mano preferente y para la mano guía, si bien estas no han podido ser simultáneas, ya que el equipo de medida utilizado para el exterior (vibrómetro portátil) no permite recoger información de dos acelerómetros a la vez.

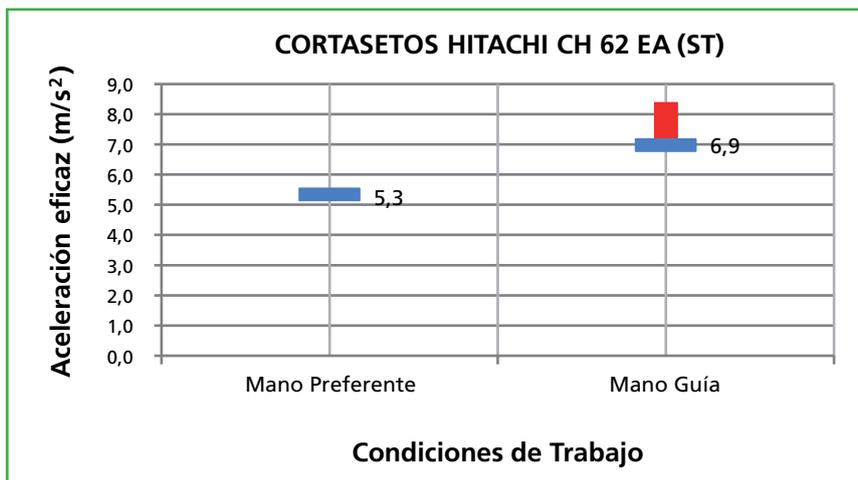
Se observa que la mediana obtenida para las diferentes condiciones de trabajo analizadas corresponde con el intervalo de vibraciones declarados por el fabricante (véase la Gráfica 14).



Gráfica 14. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 15. Comparativa: Acelerando y desacelerando Vs velocidad máxima



Gráfica 16. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

Tras analizar los resultados obtenidos se puede decir que, para esta máquina, las vibraciones generadas no varían prácticamente en función del modo de funcionamiento utilizado por el operario.

Para ambos operarios e independientemente del modo de funcionamiento elegido (todo el tiempo a velocidad máxima o acelerando/desacelerando, según necesidad), la mano guía está expuesta a más vibraciones que la mano preferente (véase la Gráfica 16).

4.8 MOTOSIERRA STIHL 08

Marca: STIHL

Modelo: 08

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: no existe.



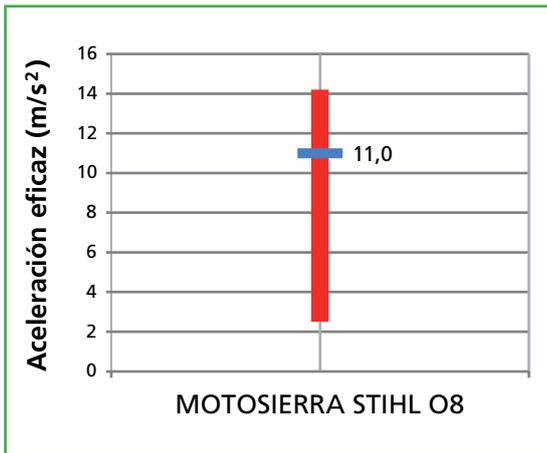
Imagen de la Motosierra STIHL 08

TABLA 14
ACELERACIÓN EFICAZ

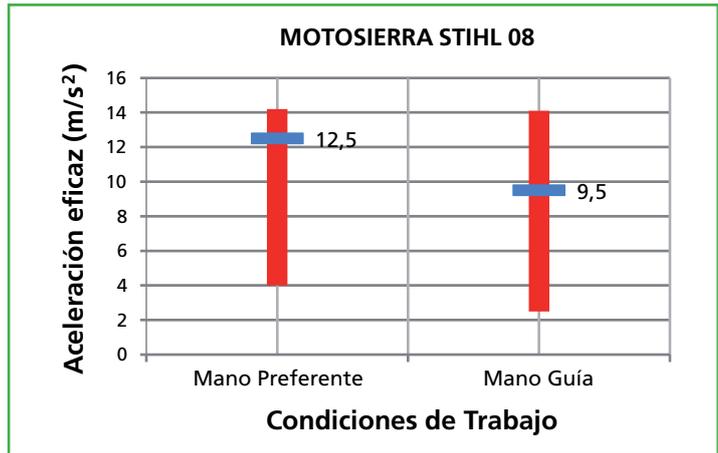
Ensayos	Potencia	Posición Tronco	a_{hv} (m/s ²)	
			Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	máxima	vertical	12,5	
Ensayo 2	máxima	vertical		9,5
Ensayo 3	máxima	horizontal	14,2	
Ensayo 4	máxima	horizontal		14,1
Ensayo 5	ralentí		4	
Ensayo 6	ralentí			2,5

Para esta máquina se han realizado un total de seis ensayos y solo ha intervenido el operario 3 (ambidiestro) en los ensayos. Entre las condiciones de funcionamiento analizadas están: la máquina funcionando a velocidad máxima y la máquina funcionando a ralentí y entre las condiciones de trabajo posibles: cortando troncos verticales y cortando troncos horizontales en el suelo.

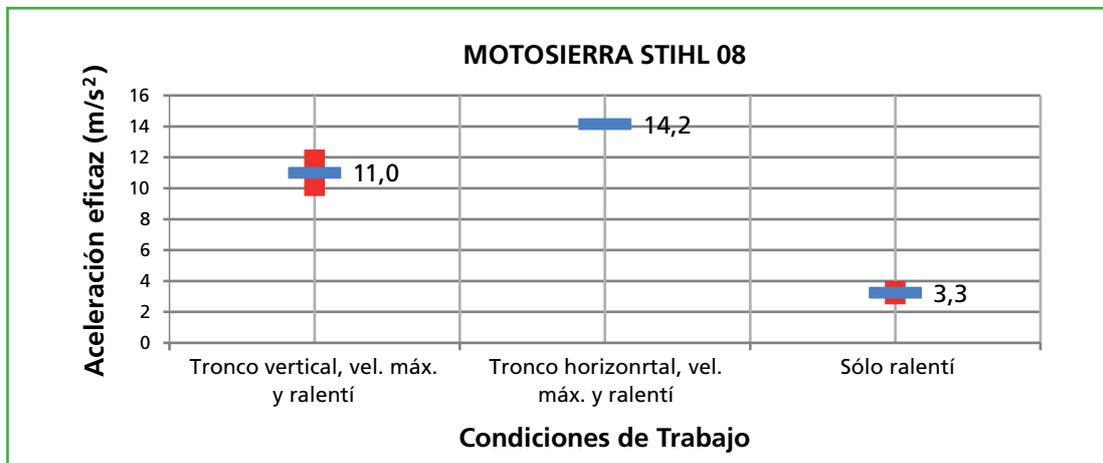
Se han realizado medidas de campo para la mano preferente y para la mano guía, si bien estas no han podido ser simultáneas, ya que el equipo de medida utilizado para el exterior (vibrómetro portátil) no permite recoger información de dos acelerómetros a la vez.



Gráfica 17. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 18. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía



Gráfica 19. Comparativa: Modo de trabajo tronco vertical Vs tronco horizontal y sólo ralenti

Los resultados indican que, cuando el corte es sobre un tronco vertical (postura de los brazos más forzada), la exposición a vibraciones de la mano preferente es mayor que la de la mano guía (véase la Tabla 14).

Mientras que en los cortes con el tronco ya en el suelo ambas manos están expuestas a un nivel de vibraciones similar.

El fabricante no ha facilitado las vibraciones generadas por esta máquina en su manual de instrucciones por lo que no se puede comparar con los resultados de campo obtenidos.

Las vibraciones que soporta la mano preferente son muy superiores a los valores de vibración obtenidos para la mano guía, excepto en el caso del corte de troncos horizontales en la que el nivel de vibraciones es similar para ambas manos.

Como era de esperar, los resultados obtenidos en los ensayos sólo a ralenti son muy inferiores al resto de mediciones realizadas. Por otra parte, las vibraciones obtenidas con el tronco horizontal son muy superiores a las obtenidas con el tronco vertical (véase la Gráfica 19).

4.9 SOPLADORA STIHL BR420

Marca: STIHL

Modelo: BR420

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: $2,5 \pm 2 \text{ m/s}^2$



Imagen de la sopladora STIHL BR420

TABLA 15
ACELERACIÓN EFICAZ

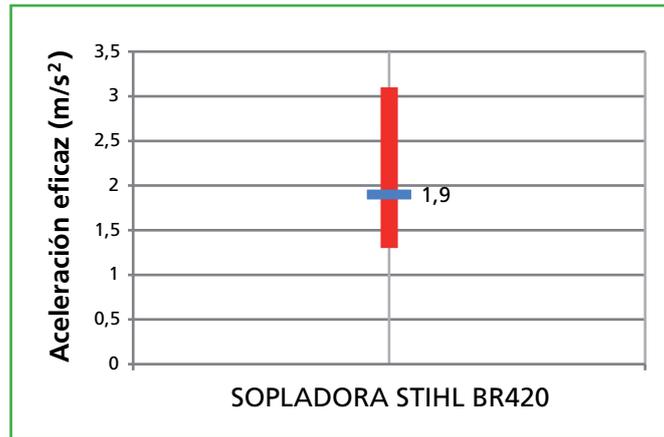
Ensayos	Potencia	a_{hv} (m/s ²)
		Mano preferente
Ensayo 1	ralentí	1,9
Ensayo 2	máxima	2,5
Ensayo 3	acel./desacel.	1,7
Ensayo 4	acel./desacel.	2,6
Ensayo 5	máxima	3,1
Ensayo 6	ralentí	1,3
Ensayo 7	máxima	1,8

Esta es una máquina diseñada para ser portada en la espalda del operario, que a su vez sujeta y dirige la tobera con una única mano, que por diseño obliga a que sea la derecha (preferente). Por ello y en este caso en concreto, solo se han realizado ensayos de la mano preferente.

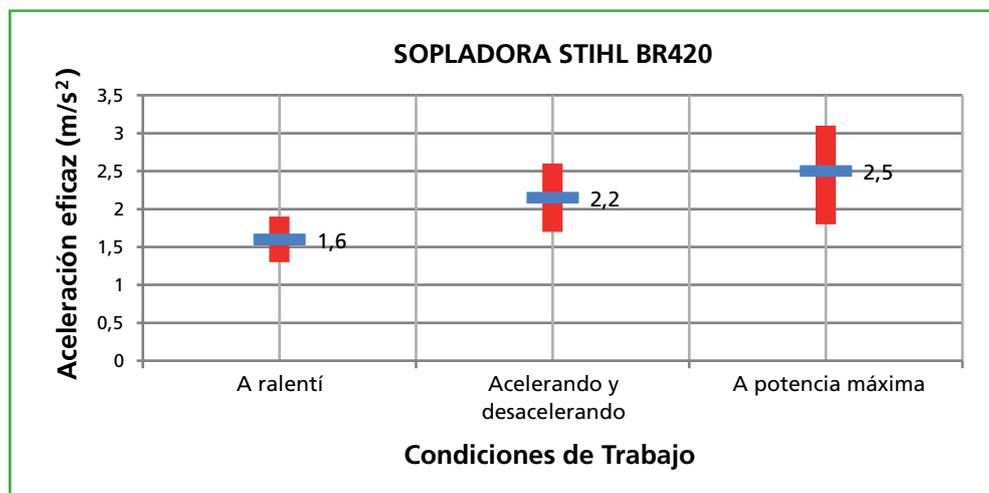
Se han realizado un total de siete ensayos con el operario 2 (diestro).

Entre las condiciones de trabajo analizadas están:

- Sopladora a potencia máxima (que es como trabaja habitualmente el operario 2).
- Sopladora acelerando y desacelerando.
- Sopladora a ralentí.



Gráfica 20. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 21. Sopladora STIHL BR420
Comparativa: Velocidad mínima Vs Velocidad máxima

Los valores de vibraciones obtenidos en campo para calcular la mediana incluyen todas las condiciones de funcionamiento de la máquina (incluida a ralentí) y por eso disminuye el valor global de la mediana. No obstante, si se compara el valor de vibraciones obtenido en campo a potencia máxima, que es la condición de trabajo más habitual, con el valor facilitado por el fabricante en su manual de instrucciones, se observa que son similares (véase la Gráfica 21).

4.10 SOPLADORA STIHL SH86

Marca: STIHL

Modelo: SH86

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones:

- Máquina soplando: $2,5 \pm 2 \text{ m/s}^2$
- Máquina aspirando: $1,9 \pm 2 \text{ m/s}^2$



Imágenes de la sopladora STIHL SH86

TABLA 16
ACELERACIÓN EFICAZ

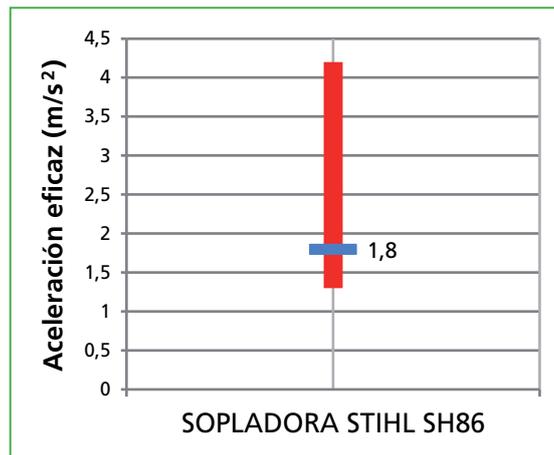
Ensayos	Modo	Potencia	a_{hv} (m/s ²)	
			Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	Aspiradora	máxima	2,1	
Ensayo 2	Aspiradora	máxima		1,8
Ensayo 3	Sopladora	máxima	1,3	
Ensayo 4	Sopladora	acel./desacel.	2,1	
Ensayo 5	Sopladora	máxima	1,4	
Ensayo 6	Sopladora	ralentí	4,2	
Ensayo 7	Aspiradora	máxima	1,7	
Ensayo 8	Aspiradora	máxima		2,6
Ensayo 9	Aspiradora	ralentí	1,8	
Ensayo 10	Aspiradora	ralentí		2,4
Ensayo 11	Aspiradora	ralentí		1,4

Para esta máquina se han realizado un total de 11 ensayos sobre un único operario. Entre las condiciones de trabajo analizadas están:

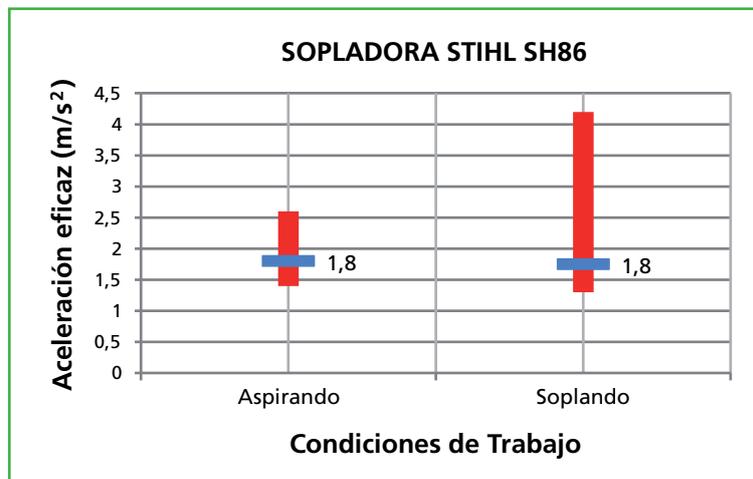
- Sopladora a potencia máxima (que es como habitualmente trabaja el operario 1).
- Sopladora acelerando y decelerando.
- Sopladora a ralentí.
- Aspirando a potencia máxima.
- Aspirando a ralentí.

Con respecto a esta máquina cabe destacar que, cuando se utiliza con el modo de funcionamiento "sopladora", la máquina se sustenta únicamente con una mano (mano preferente). Mientras que en el modo de funcionamiento "aspiradora" el operario necesita utilizar las dos manos.

En las condiciones de trabajo que se ha considerado oportuno analizar las dos manos (aspirando), las medidas de campo no fueron simultáneas ya que el equipo utilizado para realizar las mediciones en el exterior (vibrómetro portátil) no permite recoger la información de más de un acelerómetro a la vez.



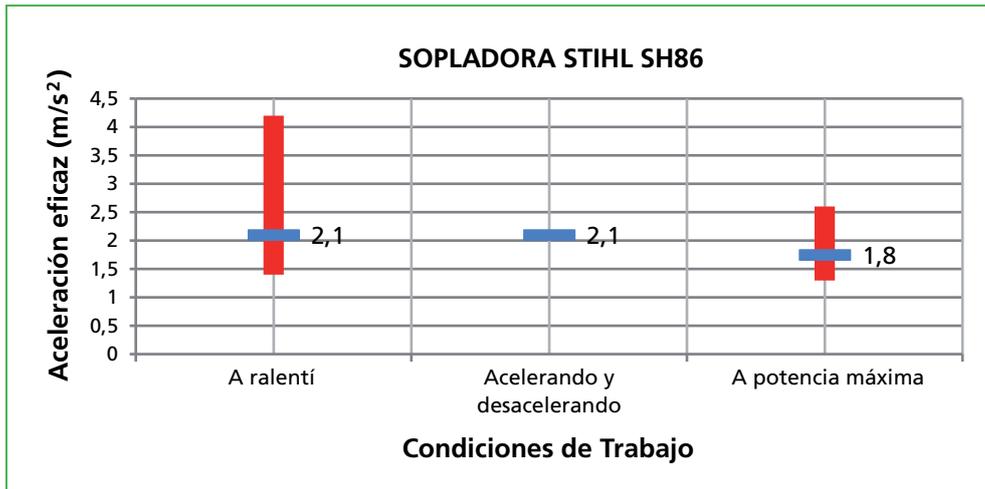
Gráfica 22. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



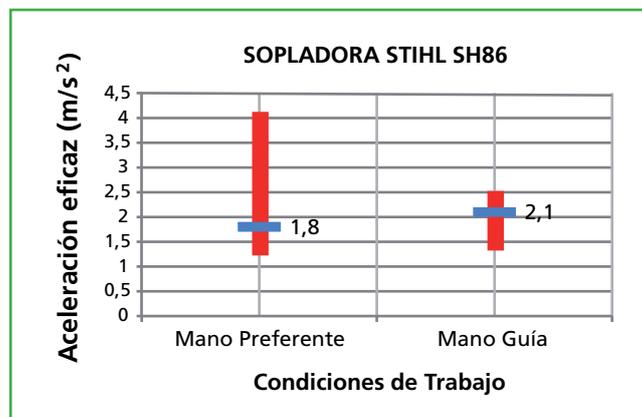
Gráfica 23. Sopladora STIHL SH86 Comparativa: Sopladora / Aspiradora

Se observa que incluso el valor de vibraciones más alto obtenido en campo, que corresponde a ralentí ($4,2 \text{ m/s}^2$), está dentro del intervalo de incertidumbre facilitado por el fabricante para la tarea de soplar que es $2,5 \pm 2 \text{ m/s}^2$ (véase la Tabla 16).

Se observa que la mediana obtenida en los ensayos realizados en ambos modos, ya sea aspirando o soplando, es muy similar al valor declarado por el fabricante (véase la Gráfica 23).



Gráfica 24. Sopladora STIHL SH86 – Comparativa: Ralentí Vs Aceler./desaceler. Vs Velocidad máxima



Gráfica 25. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

La vibración se mantiene en niveles similares al variar la velocidad, siendo la dispersión de las medidas muy baja. Sin embargo, el intervalo de valores de vibraciones obtenidos en campo cuando el modo de funcionamiento seleccionado es "sopladora" y cuando se trabaja a ralentí, es bastante más amplio obteniéndose en este caso la medida más alta.

En general, tanto mano preferente como mano guía están sometidas a niveles de vibraciones muy parecidos. Como se mencionaba anteriormente, esta máquina se maneja con una mano en el modo "sopladora" y con dos manos en el modo "aspiración" (véase la Gráfica 25).

4.11 SOPLADORA STIHL BR430

Marca: STIHL

Modelo: BR430

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: $2,5 \pm 2 \text{ m/s}^2$



Imagen de la Sopladora STIHL BR430

TABLA 17
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 1

Operario 1		
Ensayos	Posición	a_{hv} (m/s ²)
		Mano preferente
Ensayo 1	máxima	2,7
Ensayo 2	ralenti	1,9
Ensayo 3	acel./desacel.	3,6

TABLA 18
ACELERACIÓN EFICAZ PARA OPERARIO 2

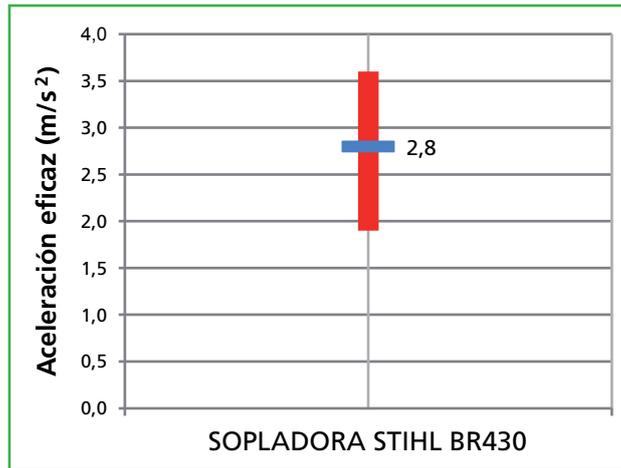
Operario 2		
Ensayos	Posición	a_{hv} (m/s ²)
		Mano preferente
Ensayo 4	máxima	2,1
Ensayo 5	ralenti	2,9
Ensayo 6	acel./desacel.	3,2

Esta es una máquina diseñada para ser portada en la espalda del operario, que a su vez sujeta y dirige la tobera con una única mano, que por diseño obliga a que sea la derecha (preferente). Por ello, y en este caso en concreto, solo se han realizado ensayos de la mano preferente.

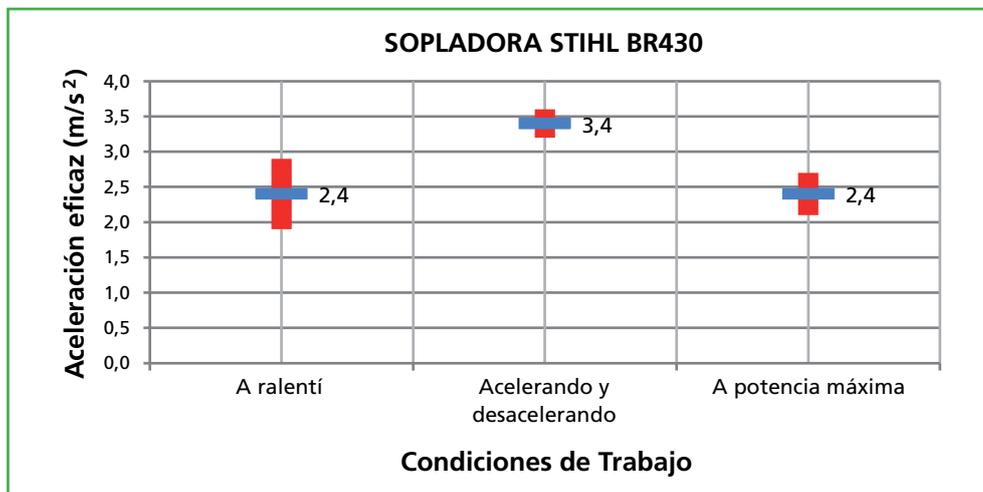
Se han realizado un total de seis ensayos en los que han participado el operario 1 (zurdo) y el operario 2 (diestro).

Entre las condiciones de trabajo analizadas están:

- Sopladora a potencia máxima (que es como habitualmente trabaja el operario 2).
- Sopladora acelerando/desacelerando.
- Sopladora a ralenti.



Gráfica 26. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 27. Sopladora STIHL BR430 - Comparativa: Ralentí Vs Aceler./desaceler. Vs Velocidad máxima

La mediana obtenida para las diferentes condiciones de trabajo analizadas es similar al valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones (véase la Gráfica 26).

Tanto para el operario 1 como para el operario 2, los resultados indican que se generan más vibraciones cuando se acelera y desacelera según necesidades de la tarea que cuando se mantiene a potencia máxima todo el tiempo (véase la Gráfica 27).

4.12 PULIDORA ROTATIVA WIRBEL CS3

Marca: WIRBEL

Modelo: CS3

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: no existe.



Imagen de la Pulidora rotativa WIRBEL CS3

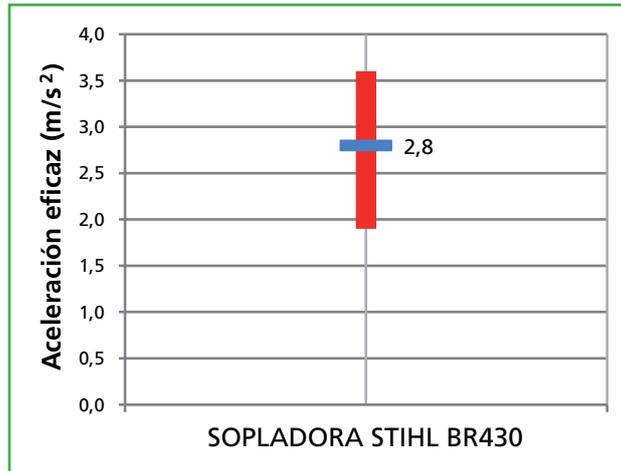
TABLA 19
ACELERACIÓN EFICAZ

Ensayos	a_{hv} (m/s ²)		
	Disco	Cristalizador	Mano Preferente/guía
Ensayo 1	cera	no	1,3
Ensayo 2		si	1,3
Ensayo 3	alambre	no	0,7
Ensayo 4		si	1,4

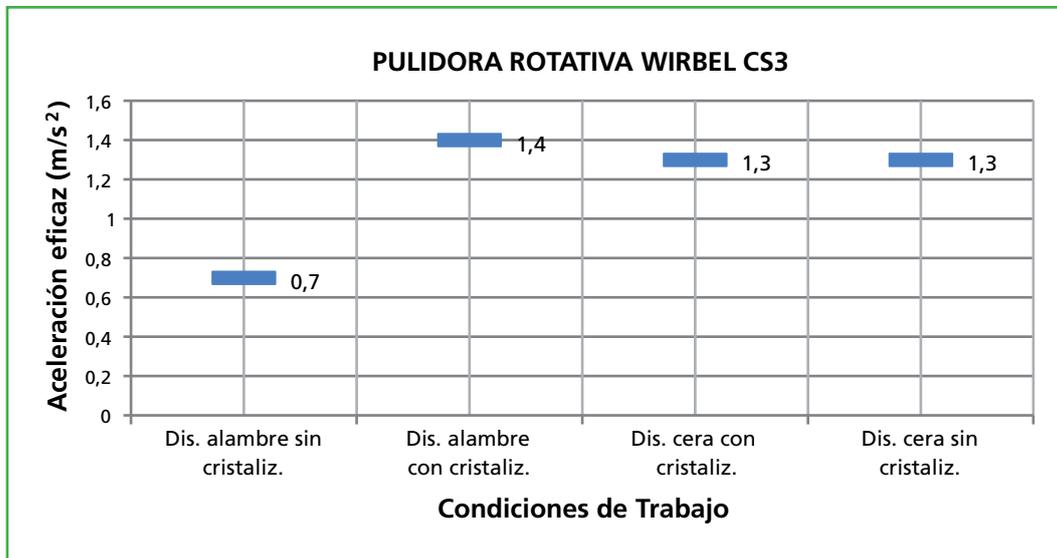
Para esta máquina se han realizado un total de cuatro ensayos durante 1 año. Además, se han empleado discos de cera y alambre con y sin producto cristalizador. En los ensayos se ha recogido medida en una sola mano, ya que la posición de ambas manos es simétrica respecto al eje central del manillar.

El fabricante no ha facilitado las vibraciones generadas por esta máquina en su manual de instrucciones por lo que no se puede comparar con los resultados de campo obtenidos.

No se aprecian diferencias significativas con el cambio de disco y en general la dispersión de los resultados es pequeña (véase la Gráfica 29).



Gráfica 28. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 29. Comparativa: Disco alambre sin cristal. Vs Disco alambre con cristal. Vs Disco cera sin cristal. Vs Disco cera con cristal

4.13 PULIDORA ROTATIVA GOLIA 53

Marca: GOLIA

Modelo: 53

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: no existe.



Imagen de la Pulidora rotativa GOLIA 53

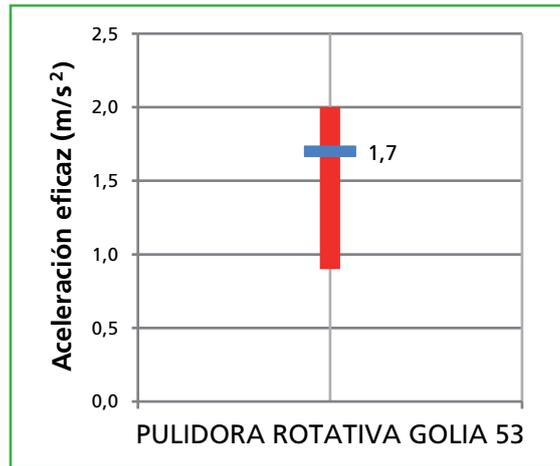
TABLA 20
ACELERACIÓN EFICAZ

Ensayos	a_{hv} (m/s ²)			
	Disco	Cristalizador	Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	alambre	no	1,7	1,4
Ensayo 2		si	1,7	2,0
Ensayo 3	cera	si	1,7	0,9
Ensayo 4		no	1,8	1,0

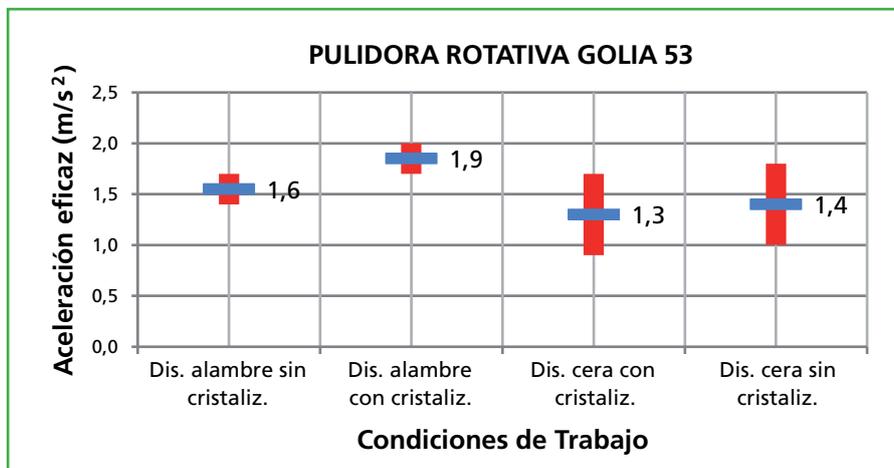
Para esta máquina se han realizado ocho ensayos durante el último año del estudio. Además, se ha estudiado utilizando disco de alambre, o bien disco de cera para abrillantar, realizando los ensayos con y sin líquido cristalizador. En los ensayos se ha recogido la medida de mano preferente y mano guía, pero no simultáneamente, ya que las medidas se hicieron en el exterior con el vibrómetro portátil que sólo puede recoger la información de un acelerómetro.

El fabricante no ha facilitado las vibraciones generadas por esta máquina en su manual de instrucciones por lo que no se puede comparar con los resultados de campo obtenidos.

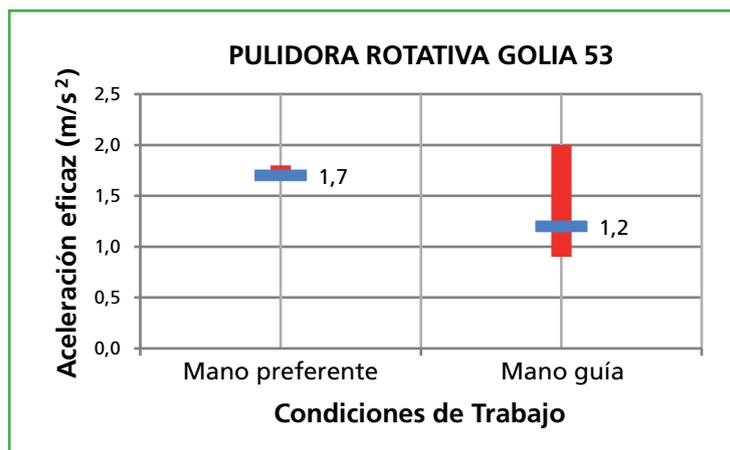
Se observa que no hay diferencias significativas entre disco de cera y de alambre, ni entre usar producto cristalizador o no. La dispersión de los resultados es pequeña por lo que los valores obtenidos en campo correspondientes a ocho ensayos y 40 mediciones de campo podría decirse que son muy representativos de la exposición de los trabajadores realizando dicha tarea (véase la Gráfica 31).



Gráfica 30. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 31. Comparativa: Disco alambre con cristal. Vs Disco alambre sin cristal. Vs Disco cera con cristal. Vs Disco cera sin cristal



Gráfica 32. Pulidora rotativa GOLIA 53 - Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

Los resultados no aportan diferencias significativas entre las vibraciones a las que está expuesta la mano preferente frente a las vibraciones a las que está expuesta la mano guía (véase la Gráfica 32).

4.14 PULIDORA ROTATIVA NUMATIC NPO 1425 S

Marca: NUMATIC

Modelo: NP O 1425 S

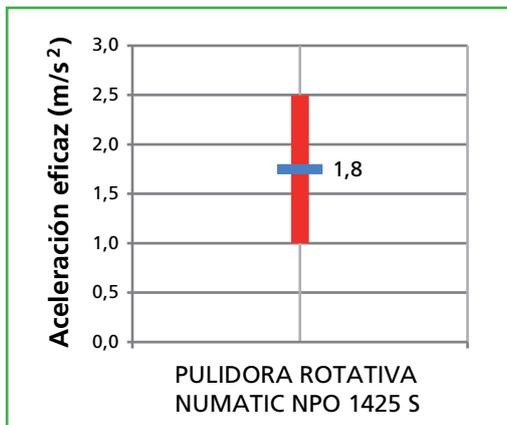
Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: no existe.



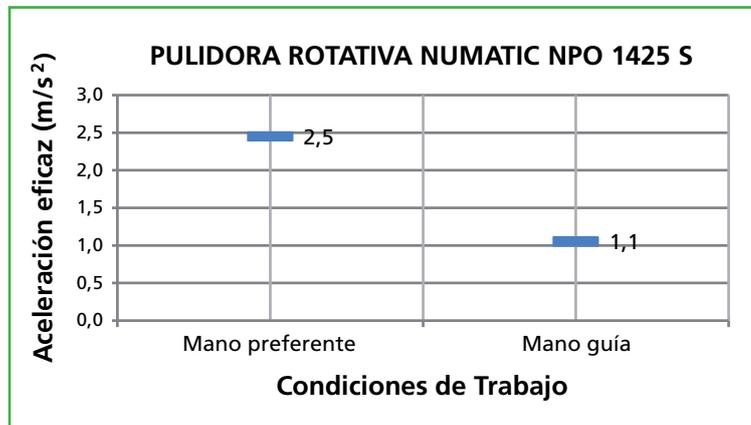
Imagen de la Pulidora rotativa NUMATIC NPO 1425 S

**TABLA 21
ACELERACIÓN EFICAZ**

Ensayos	a_{hv} (m/s ²)			
	Material	Útil	Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	moqueta	jabón	2,4	1,0
Ensayo 2			2,5	1,1



Gráfica 33. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 34. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

Para esta máquina se han realizado cuatro ensayos durante el último año del estudio. Los cuatro ensayos se han realizado sobre moqueta con jabón. En los ensayos se ha recogido la medida de mano preferente y mano guía, pero no simultáneamente, ya que las medidas se hicieron en el exterior con el vibrómetro portátil que sólo puede recoger la información de un acelerómetro a la vez.

El fabricante no ha facilitado las vibraciones generadas por esta máquina en su manual de instrucciones por lo que no se puede comparar con los resultados de campo obtenidos.

El nivel de vibración es mayor en la mano preferente que en la mano guía (véase la Gráfica 34).

4.15 HIDROLIMPIADORA KARCHER K7.85 M

Marca: KARCHER

Modelo: K7.85 M

Valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones: 0,8 m/s²



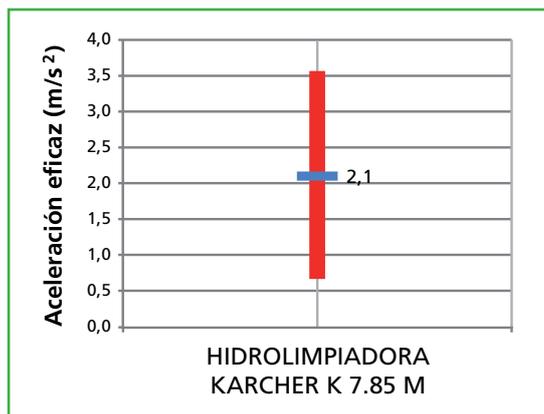
Imagen de la Hidrolimpiadora KARCHER K7.85M

TABLA 22
ACELERACIÓN EFICAZ

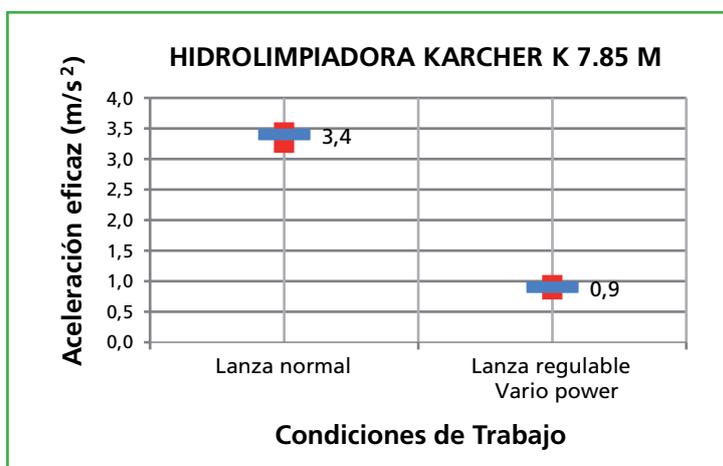
Ensayos	a_{hv} (m/s ²)			
	Velocidad	Lanza	Mano preferente	Mano guía
Ensayo 1	máxima	normal	3,1	3,6
Ensayo 2		regulable	1	0,8
Ensayo 3		normal	3,3	3,5
Ensayo 4		regulable	1,1	0,7

Para esta máquina se han realizado un total de ocho ensayos en el último año del estudio. Se han realizado mediciones con dos tipos de lanza: lanza normal y lanza regulable, marca Vario power. En los ensayos se ha recogido la medida de mano preferente y mano guía, pero no simultáneamente, ya que las medidas se hicieron en el exterior con el vibrómetro portátil que sólo puede recoger la información de un acelerómetro.

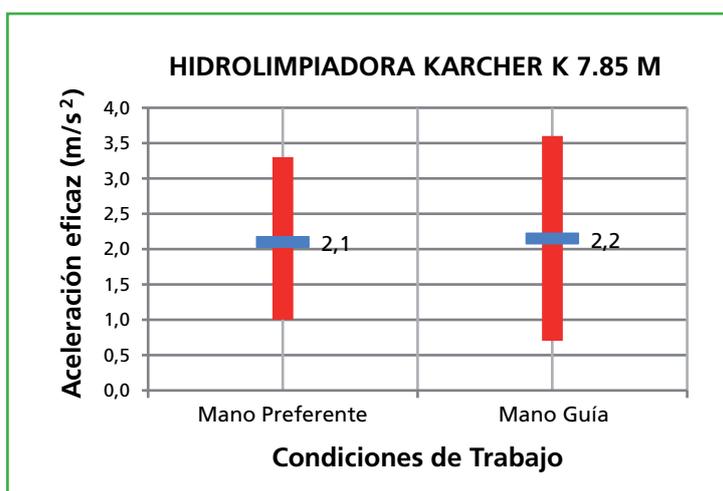
Los valores de vibraciones obtenidos en las mediciones de campo son superiores al valor declarado por el fabricante en su manual de instrucciones, en especial cuando se utiliza la lanza normal (véase la Gráfica 35).



Gráfica 35. Intervalo y mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas



Gráfica 36. Comparativa: Lanza normal Vs Lanza Vario Power



Gráfica 37. Comparativa: Mano preferente Vs Mano guía

Al usar lanza de caudal regulable, Vario power, frente a la lanza normal, disminuye la vibración generada tanto en la mano preferente como en la mano guía (véase la Gráfica 36).

El valor de la mediana obtenido con los diferentes ensayos realizados en campo es similar para ambas manos (véase la Gráfica 37).

5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de las vibraciones generadas por las máquinas incluidas en este informe (máquinas de jardinería y máquinas de limpieza), cabe confirmar que es complicado poder obtener conclusiones extrapolables al conjunto de máquinas portátiles o guiadas a mano, debido a los muchos factores que se presentan de forma simultánea al realizar las mediciones de campo, lo que hace que la incertidumbre y dispersión de los resultados sea algo elevada.

Entre los factores o variables que se han tenido que tener en cuenta por ser situaciones que se pueden presentar en condiciones reales de trabajo están:

- Diferentes fuerzas de agarre con las que el operario sujeta la máquina que puede variar en los diferentes ensayos realizados (puede variar según la hora del día, pues el trabajador puede estar más cansado a medida que avanza la jornada, la corpulencia/ musculatura de los diferentes operarios; la familiaridad del operario con la máquina, etc.).
- Falta de homogeneidad del material trabajado en los diferentes ensayos. Por ejemplo, los cortasetos trabajan sobre ramas entremezcladas de diferentes grosores y durezas.
- Cambio continuo de posición de trabajo: en la mayoría de los casos el trabajador se desplaza con la herramienta y va cambiando la posición de trabajo y de agarre de la herramienta.
- Falta de control sobre el material a trabajar. Por ejemplo, por la presencia de piedras o raíces en el suelo con los cortacéspedes.

No obstante, se ha realizado el análisis por parámetros y por familias de máquinas para intentar ilustrar los resultados obtenidos en las mediciones de campo realizadas.

5.1 ANÁLISIS POR PARÁMETRO

En este apartado se presentan diagramas de sectores para los distintos parámetros analizados. En ellos, para cada condición del parámetro, se indica el número de máquinas que lo cumplen y el porcentaje sobre el número de máquinas para las que se ha analizado dicho parámetro.

5.1.1 Mano Preferente vs Mano Guía

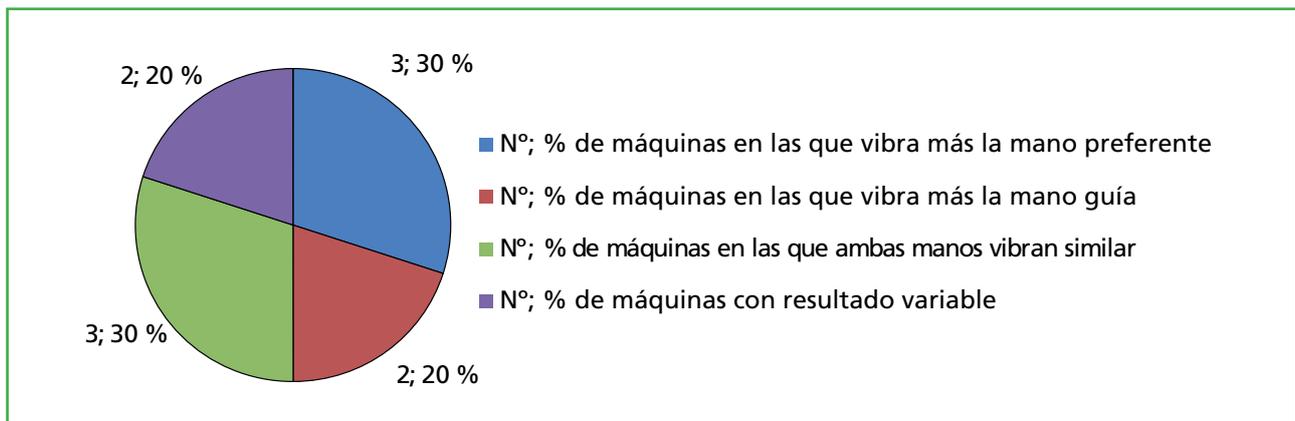


Gráfico 1

Los resultados muestran que la caracterización de mano preferente / mano guía no es determinante en el nivel de vibración, sino que el propio diseño de la máquina condiciona cuál de las dos manos soporta mayor vibración. En el 20% de las máquinas, dependiendo del operario

o del régimen de velocidad, varía la prevalencia de una mano sobre la otra (máquinas con resultado variable).

5.1.2 Diferentes útiles de trabajo

Se ha podido analizar este parámetro en las siguientes máquinas:

- Hidrolimpiadora Karcher K 7.85M, que permite intercambiar la lanza de caudal regulable por la lanza normal, obteniéndose unos resultados de vibración inferiores cuando se utiliza la lanza de caudal regulable.
- Pulidoras rotativas, que permiten utilizar disco de alambre y disco de cera, así como utilizarlas con o sin producto cristalizador. En general, los resultados son similares independientemente del tipo de disco y de la utilización de producto cristalizador.

5.1.3 Velocidad de la máquina

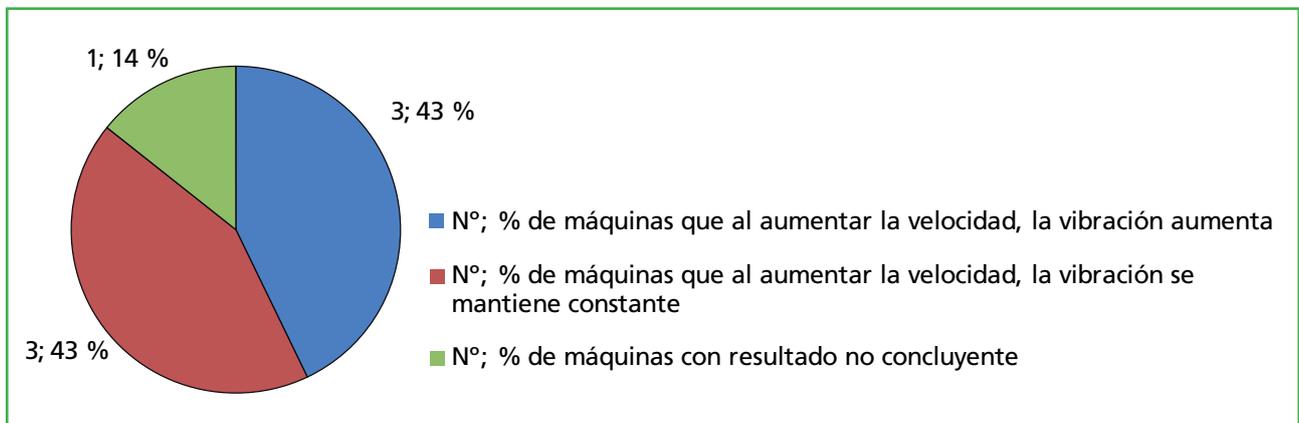


Gráfico 2

Puede decirse que en las máquinas en las que se ha analizado cómo varían las vibraciones conforme se varía la velocidad de trabajo se observa que no hay diferencia entre las máquinas cuyas vibraciones se han mantenido similares al aumentar la velocidad de trabajo y las máquinas en las que la vibración sí aumenta al aumentar también la velocidad de trabajo. Por lo que los resultados no son concluyentes a este respecto.

5.1.4 Valor medido vs Valor declarado

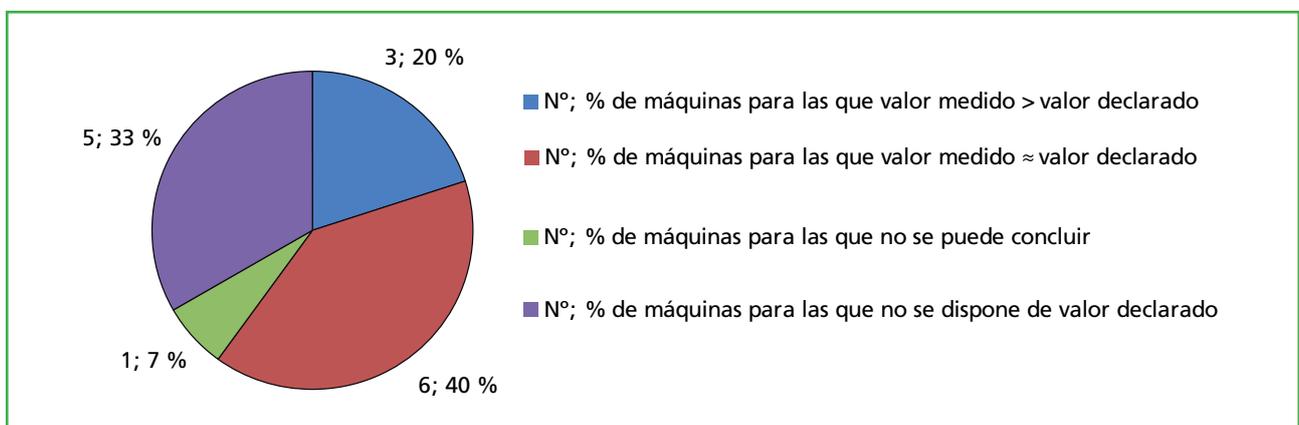


Gráfico 3

Del diagrama de sectores se desprende que en un 20% de las máquinas ensayadas los valores de vibraciones obtenidos en campo son superiores a los valores de vibraciones declarados por los fabricantes en su manual de instrucciones, mientras que en un 40% de los casos ambos valores son similares.

Cabe resaltar que en un número considerable de las máquinas estudiadas, 33%, el fabricante no indica el valor de vibraciones emitido por la máquina en el manual de instrucciones de la misma.

5.1.5 Posición de la Mano Guía

En el único caso en que se han podido analizar diferentes posiciones de la mano guía sujetando o dirigiendo la máquina, Cortacésped SABO 52-S VARIO, los resultados indican que la vibración ha sido similar independientemente de la posición de la mano guía.

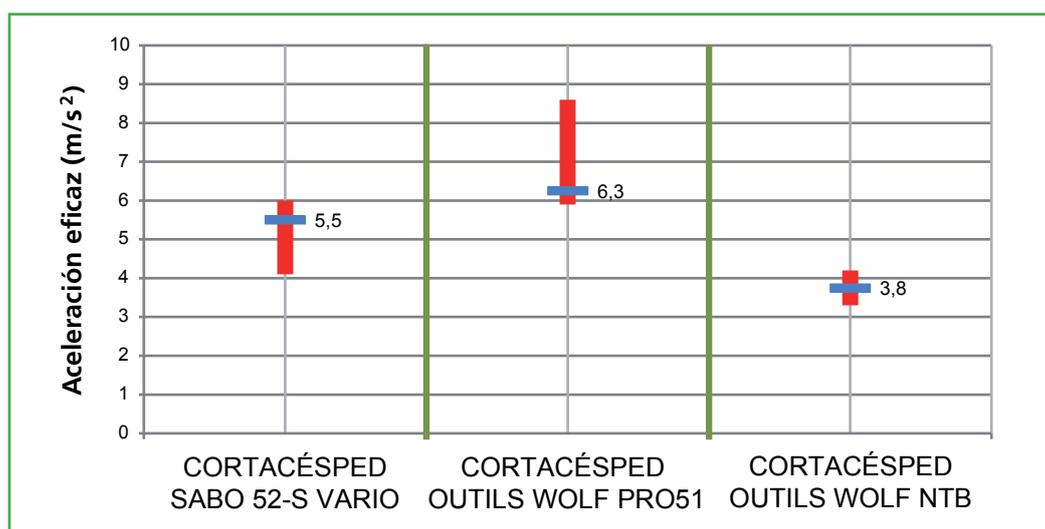
5.2 ANÁLISIS POR FAMILIA DE MÁQUINAS

A continuación se presentan los resultados agrupados por familias de máquinas, es decir, las distintas marcas/modelos estudiados de cada tipo de máquina, con la finalidad de poder comparar los niveles de vibración generados por cada una de ellas.

5.2.1 CORTACÉSPED

Se han comparado los resultados de las tres máquinas cortacéspedes analizadas:

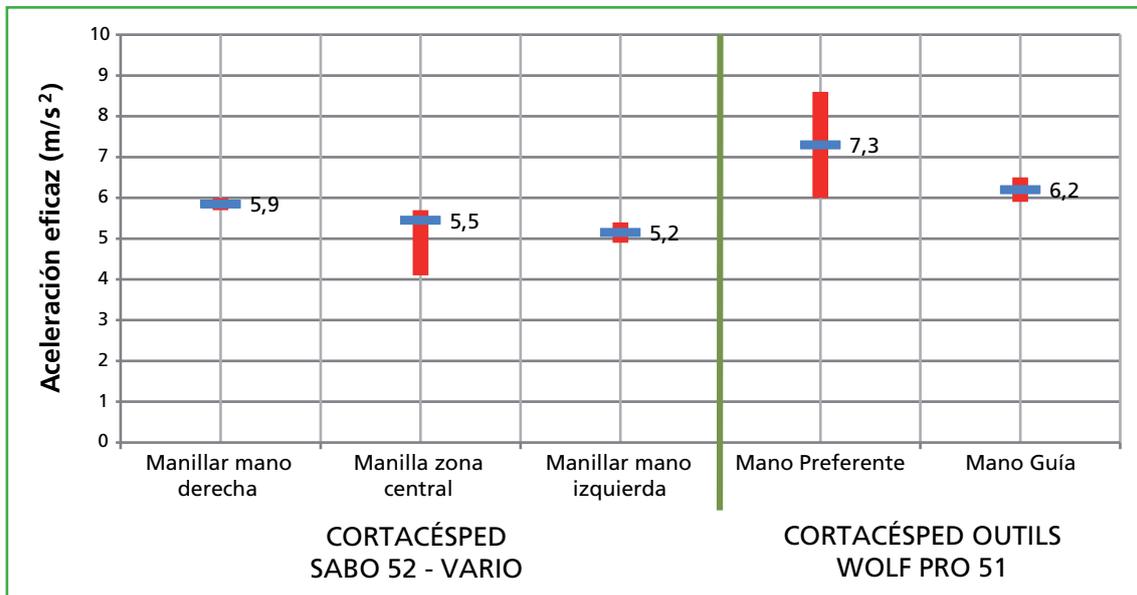
- Cortacésped SABO 52-S VARIO.
- Cortacésped OUTILS WOLF PRO 51.
- Cortacésped OUTILS WOLF NTB.



Gráfica 38. Comparativa de cortacéspedes. Intervalo y mediana obtenidos en los ensayos realizados

La dispersión de los resultados obtenidos en las mediciones de campo con el cortacésped OUTILS WOLF PRO 51 ha sido considerablemente mayor que con los otros dos cortacéspedes (véase la Gráfica 38).

Las condiciones de trabajo analizadas en los tres casos han sido similares si bien no se pueden menospreciar los factores imprevistos que se han podido presentar en las mediciones de campo (piedras y raíces con las que chocan las máquinas).



Gráfica 39. Comparativa de cortacéspedes. Resultados de mano preferente Vs mano guía

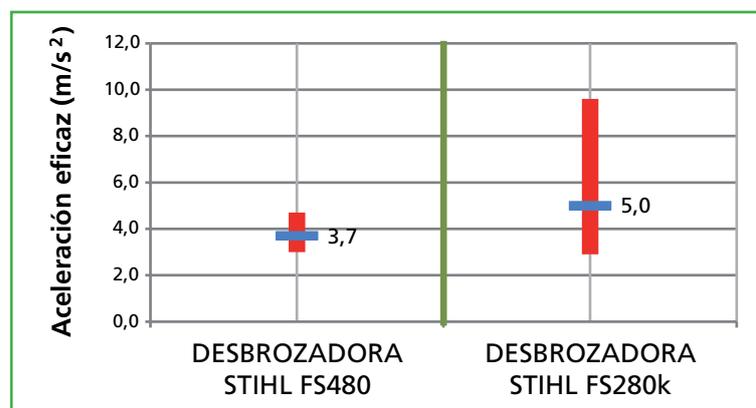
Se observa que para el cortacésped OUTILS WOLF PRO51 la vibración de la mano preferente es ligeramente mayor que la de la mano guía (véase la Gráfica 39).

En el caso del cortacésped SABO 52-S VARIO las diferencias entre mano preferente y mano guía son irrelevantes.

5.2.2 DESBROZADORAS

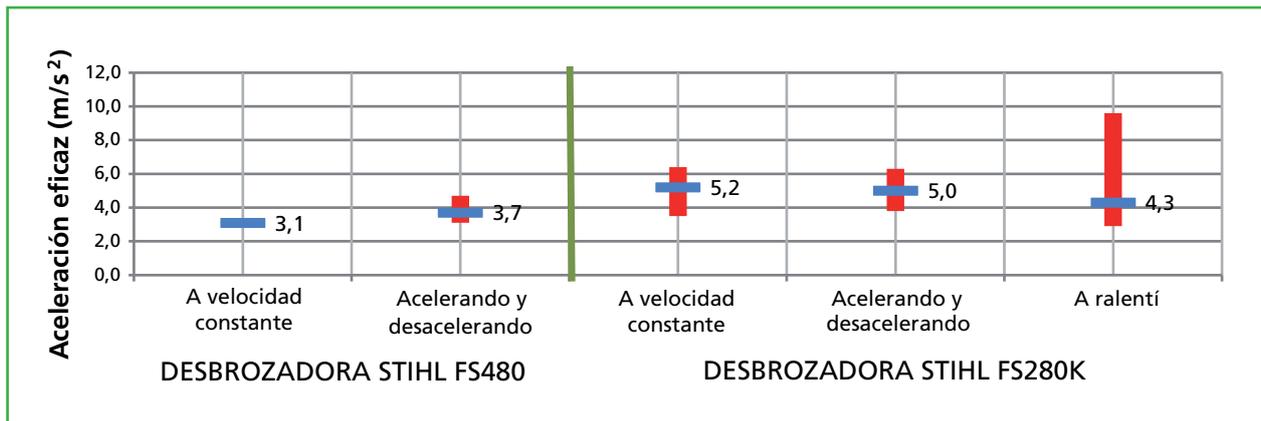
Se han comparado los resultados de las dos desbrozadoras estudiadas:

- Desbrozadora STIHL FS480.
- Desbrozadora STIHL FSK.



Gráfica 40. Comparativa de desbrozadoras. Intervalo y mediana obtenidos en los ensayos realizados

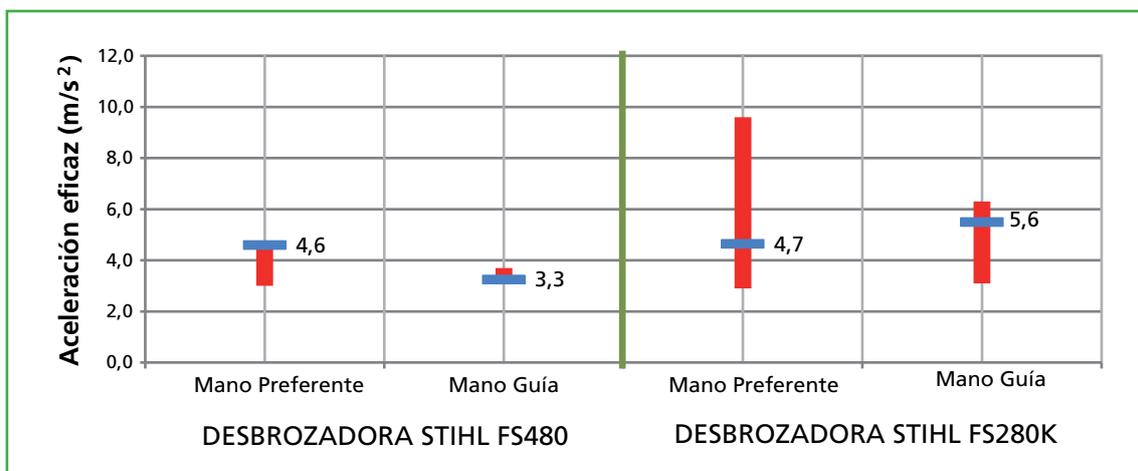
La comparativa de estas dos desbrozadoras indica que mientras para el modelo FS 480 la dispersión de resultados ha sido aceptable y dentro del rango de incertidumbre facilitado por el fabricante, para el caso del modelo FS 280K, la dispersión de resultados ha sido mucho mayor (véase la Gráfica 40).



Gráfica 41. Comparativa de desbrozadoras. Resultados con diferentes velocidades de trabajo

En general, los resultados de las medianas obtenidas cuando se trabaja variando la velocidad de trabajo de las desbrozadoras (aceleración y deceleración) no difieren mucho de cuando se trabaja a velocidad constante para ninguna de las dos desbrozadoras analizadas (véase la Gráfica 41).

No obstante, en el caso de la desbrozadora STIHL modelo FS 280K, sí se observa que, aunque las medianas no difieren mucho entre sí y también se sitúan dentro del rango de incertidumbre facilitado por el fabricante, se ha obtenido una dispersión de resultados mayor (principalmente en las medidas de campo de ralenti).



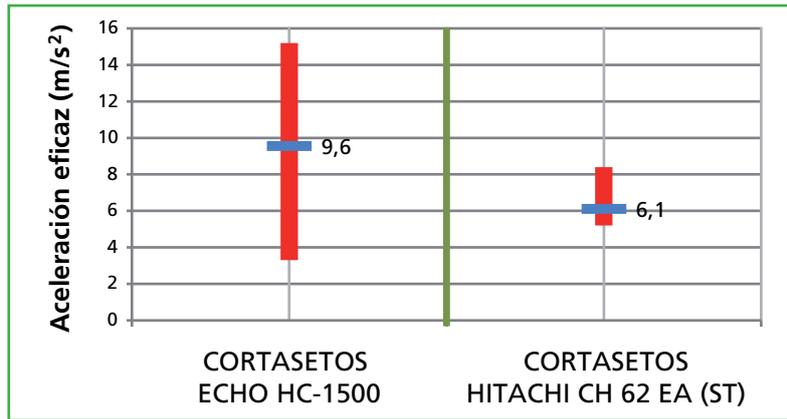
Gráfica 42. Comparativa de desbrozadoras. Resultados de mano preferente Vs mano guía

Si bien se han realizado un total de nueve ensayos (44 mediciones de campo) para el modelo FS 480 y un total de 17 ensayos (64 mediciones de campo) para el modelo FS280K, a la vista de los resultados obtenidos, no se puede concluir qué mano (si la preferente o la guía) podría estar más afectada por las vibraciones (véase la Gráfica 42).

5.2.3 CORTASETOS

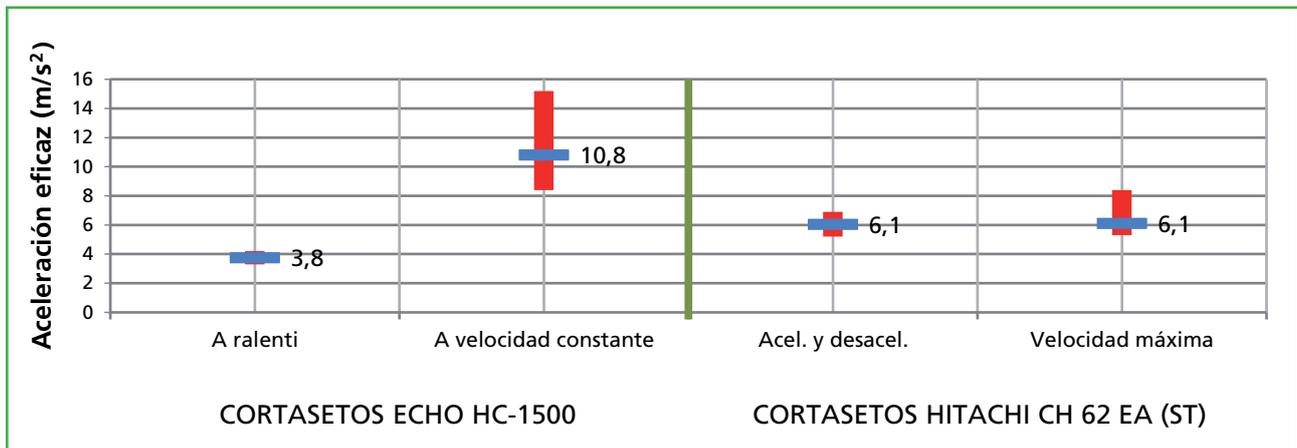
Se han comparado los resultados de los dos cortasetos analizados:

- Cortasetos ECHO HC-1500.
- Cortasetos HITACHI CH62 EA (ST).



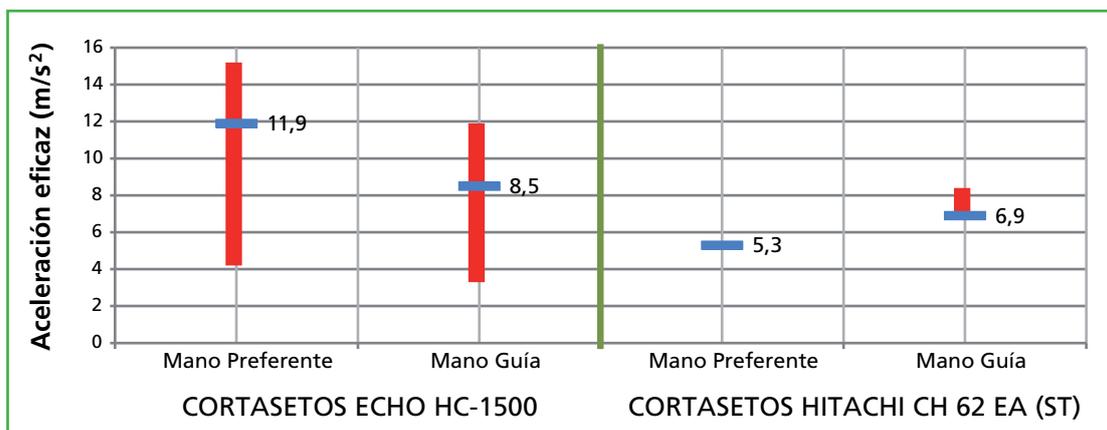
Gráfica 43. Comparativa de cortasetos. Intervalo y mediana obtenidos en los ensayos realizados

Para las condiciones reales de trabajo estudiadas, se observa un claro incremento de las vibraciones generadas por el cortasetos ECHO HC-1500, obteniéndose además una dispersión de aceleraciones eficaces mucho mayor para dicha máquina (véase la Gráfica 43).



Gráfica 44. Comparativa de cortasetos. Resultados con diferentes velocidades de trabajo

En el caso del cortasetos ECHO HC-1500 la vibración aumenta drásticamente al pasar del ralenti a velocidad de trabajo. Sin embargo, en el cortasetos HITACHI CH 62 EA (ST) no influye el cambio del régimen de funcionamiento de "velocidad máxima" a "acelerando y desacelerando" (véase la Gráfica 44).



Gráfica 45. Comparativa de cortasetos. Resultados de mano preferente Vs mano guía

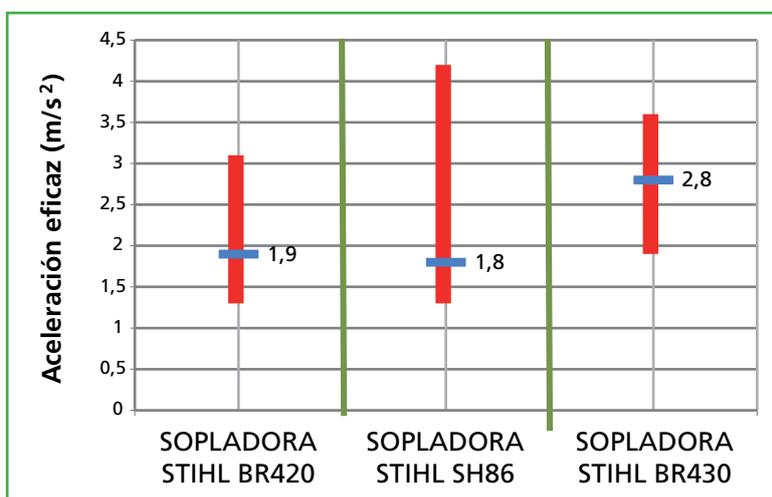
Los valores obtenidos en los ensayos realizados para el CORTASETOS ECHO HC-1500 corroboran las indicaciones dadas por el fabricante en su manual de instrucciones en el que se refleja un valor muy superior de vibraciones para la mano preferente frente a los valores obtenidos para la mano guía (véase la Gráfica 45).

En el caso del cortasetos HITACHI CH 62 EA (ST) los valores obtenidos para la mano preferente son significativamente inferiores a los valores registrados para la mano guía, siendo estos últimos ligeramente superiores al rango de valores declarado por el fabricante (véase la Gráfica 45).

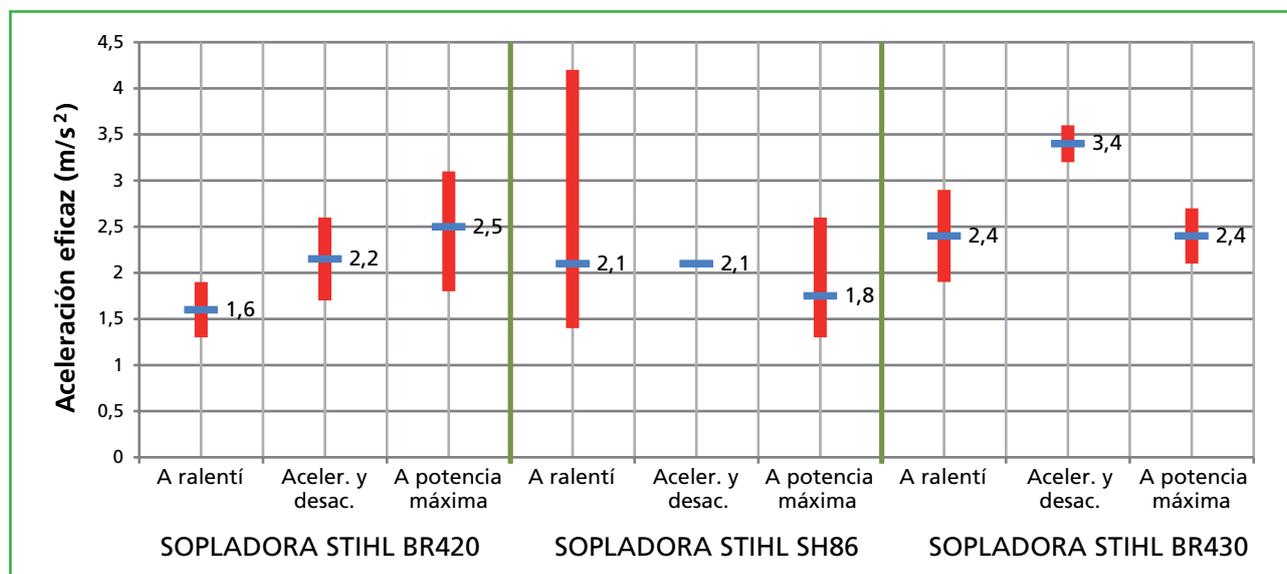
5.2.4 SOPLADORAS

Se comparan los resultados obtenidos para las tres sopladoras analizadas:

- Sopladora STIHL BR420.
- Sopladora STIHL SH86.
- Sopladora STIHL BR430.



Gráfica 46. Comparativa de sopladoras. Intervalo y mediana obtenidos en los ensayos realizados



Gráfica 47. Comparativa de sopladoras. Resultados con diferentes velocidades de trabajo

En base a las medianas obtenidas de todas las condiciones de trabajo analizadas, se observa que los niveles de vibraciones generados por las tres sopladoras son similares y aceptables, si bien en el caso del modelo BR 430 son un poco más altos. No obstante, en los tres casos analizados las medianas entran dentro del intervalo de incertidumbre facilitado por el fabricante.

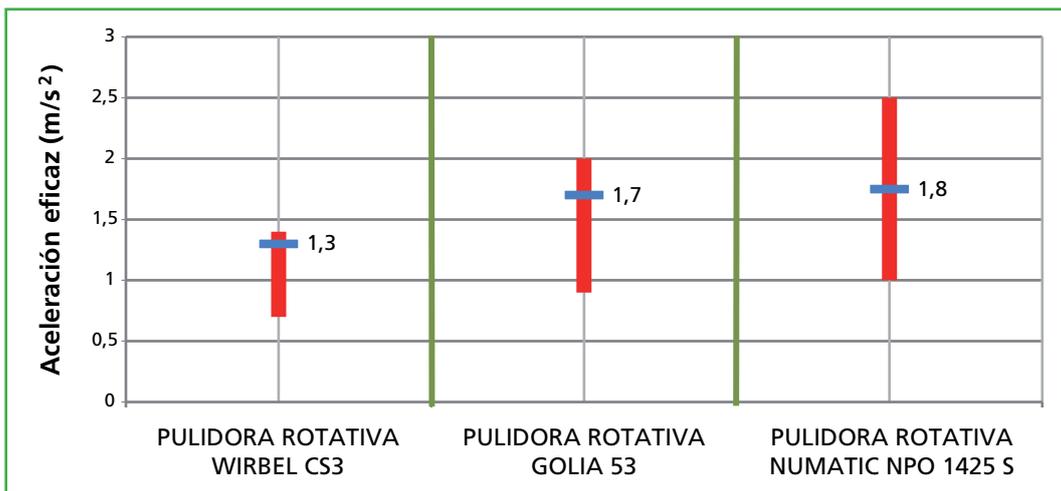
En la Gráfica 47 se observa que la comparativa ofrece los siguientes resultados

- La diferencia del valor de la mediana entre los distintos modos de trabajo (ralentí, acelerando/desacelerando, velocidad máxima) es igual o inferior a 1 m/s^2 .
- En el único caso en que la sopladora puede funcionar en modo aspiradora o modo sopladora, los valores de la mediana son similares en ambos modos de funcionamiento.

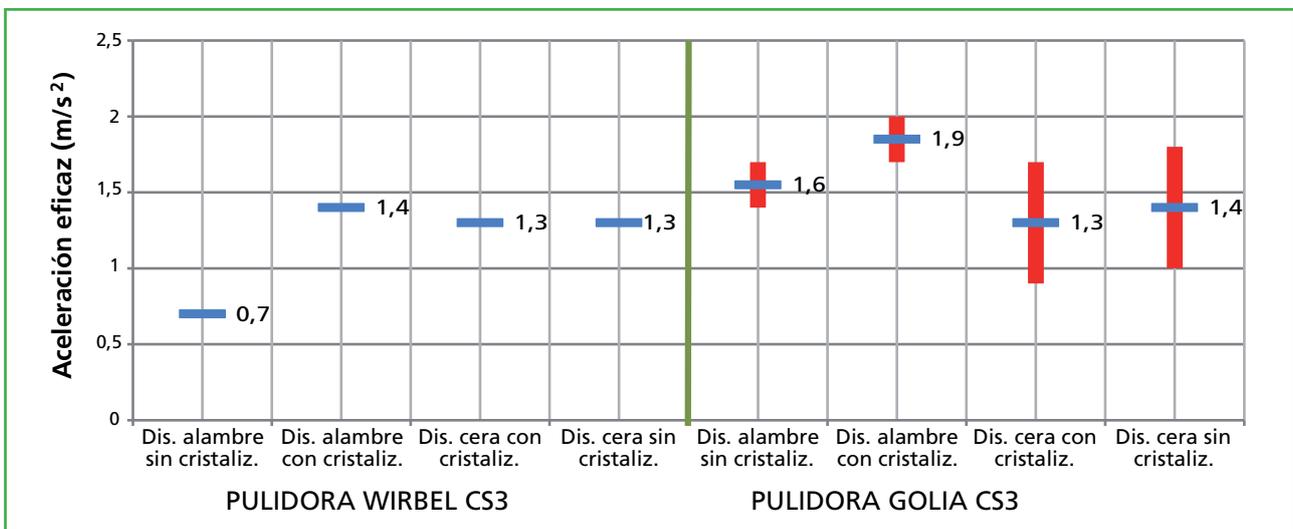
5.2.5 PULIDORAS

Se comparan los resultados obtenidos para las tres pulidoras analizadas:

- Pulidora rotativa WIRBEL CS3.
- Pulidora rotativa GOLIA 53.
- Pulidora rotativa NUMATIC NIPO 1425 S.



Gráfica 48. Comparativa de pulidoras. Intervalo y mediana obtenidos en los ensayos realizados

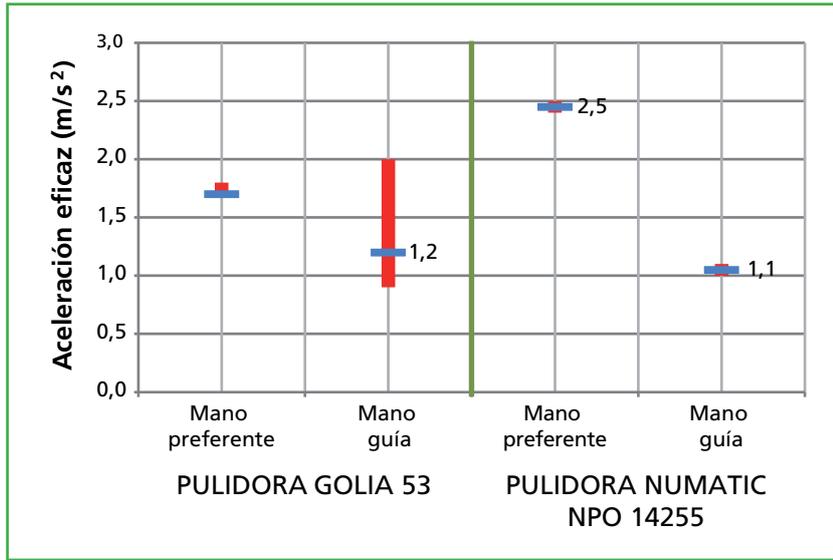


Gráfica 49. Comparativa de pulidoras. Resultados con diferentes útiles de trabajo

Para las tres pulidoras rotativas estudiadas se observa que las medianas obtenidas en los tres casos son muy similares y representan niveles aceptables de vibración (véase la Gráfica 48).

Respecto al parámetro "útiles de la máquina", disco de alambre y de cera, con y sin cristallizador, parece, en general, no tener mayor influencia en el nivel de vibración generado en las dos máquinas estudiadas (véase la Gráfica 49).

Para las pulidoras en las que se ha analizado este factor, se observa para la mano preferente un nivel de vibración ligeramente superior al registrado para la mano guía (véase la Gráfica 50).



Gráfica 50. Comparativa de pulidoras. Resultados de mano preferente Vs mano guía

6. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO DE MÁQUINAS DE JARDINERÍA Y LIMPIEZA

Los resultados, tal como muestra la Gráfica 51 "*Valores de vibración mano-brazo ordenada por valor de la mediana de la aceleración eficaz*", permiten concluir que, en general, las máquinas de jardinería y limpieza estudiadas en este informe (Parte 2) vibran menos que las máquinas de mantenimiento estudiadas en la Parte 1: Máquinas de mantenimiento.

De las 15 máquinas analizadas y que forman parte de este estudio, en seis de ellas (las pulidoras, la hidrolimpiadora y en dos de las sopladoras) se obtuvo una mediana inferior a 2,5 m/s².

Sin embargo, hay que señalar que para las máquinas que se indican a continuación, se obtuvieron valores relativamente altos, con medianas superiores a los 5 m/s²:

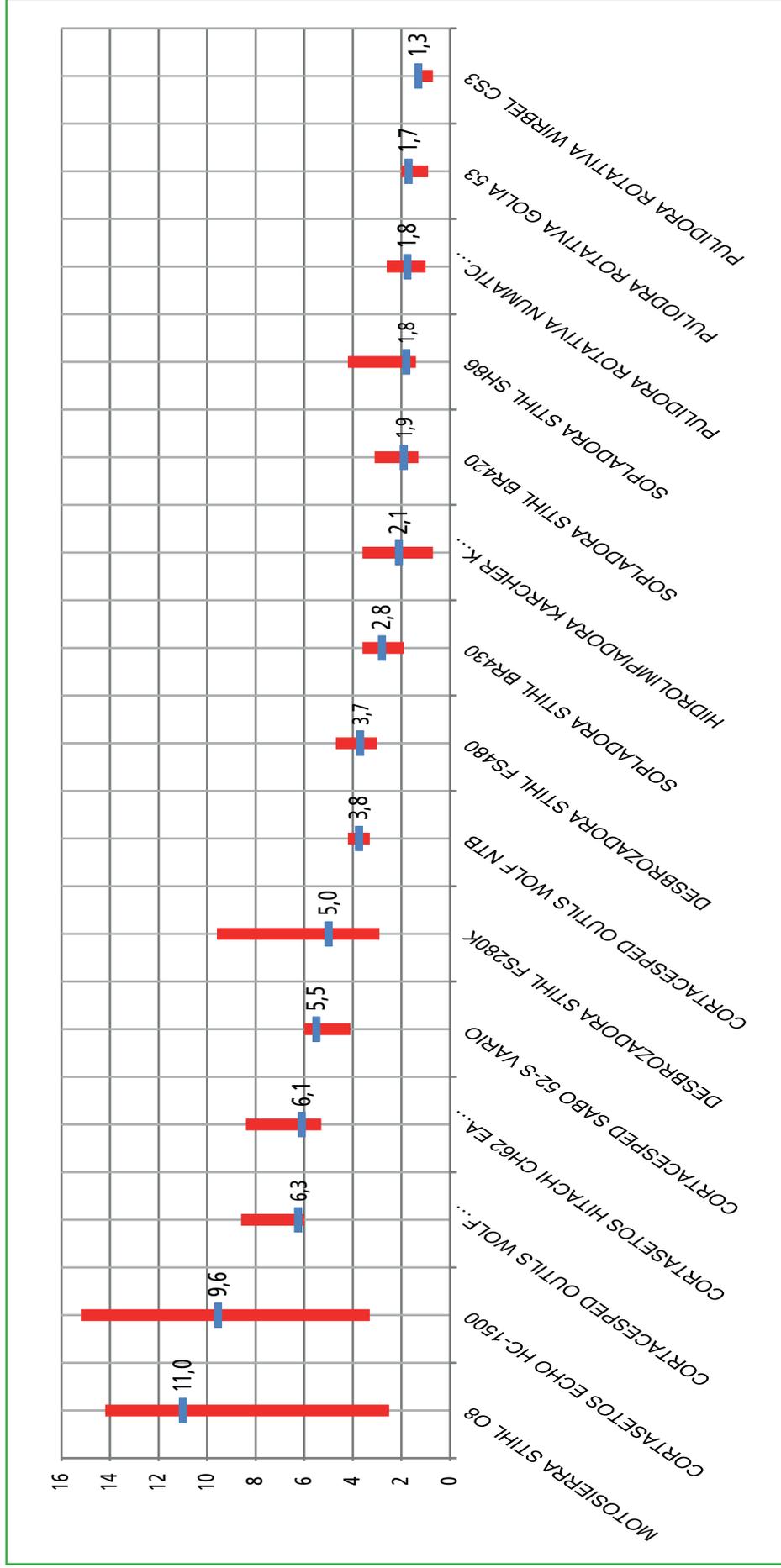
- la motosierra,
- los cortasetos y
- dos de los cortacéspedes.

No obstante, y como ya se ha comentado anteriormente, los valores obtenidos y reflejados en la gráfica resumen son solo valores de aceleración eficaz (representados a partir de la mediana de todas las condiciones de trabajo analizadas) y no pueden utilizarse directamente como valores de A(8), pues previamente habría que conocer el tiempo de exposición (o de utilización real de la máquina) y aplicar la fórmula correspondiente para calcular el A(8).

Sin embargo, estos valores de aceleración eficaz obtenidos sí sirven para ilustrar y obtener más información de cara a poder realizar una evaluación por estimación de las vibraciones a las que están expuestos los operarios que manejan dichas máquinas portátiles o guiadas.

Valores de vibración mano-brazo ordenada por valor de la mediana de la aceleración eficaz

En la Gráfica 51 se reúnen los resultados de las 15 máquinas estudiadas en los que se indican el intervalo de las aceleraciones eficaces y la mediana obtenidos para todas las condiciones de trabajo estudiadas. La gráfica está ordenada por valor decreciente de la mediana.



Gráfica 51. Vibración mano-brazo por máquina ordenada por valor decreciente de la mediana (aceleración eficaz ponderada). (En color rojo se refleja el rango de vibración y en azul la mediana)

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (vibraciones) de 25 de junio de 2002. D.O.C.E. núm. L177/13-19, de 6 de julio de 2002.
2. Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. BOE núm. 265 de 5 de noviembre.
3. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
4. UNE-EN ISO 5349-1:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.
5. UNE-EN ISO 5349-2:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.
6. UNE-EN 12096:1998. Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria.
7. UNE-EN ISO 20643. Vibración mecánica-Máquinas portátiles y guiadas a mano. Principios para la evaluación de la emisión de la vibración.
8. UNE-EN ISO 28927. Conjunto de normas sobre vibraciones en herramientas neumáticas y otras no eléctricas.
9. UNE-EN 60745. Conjunto de normas sobre vibraciones en herramientas eléctricas.
10. UNE-EN ISO 8041: 2006. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.
11. INSHT. Notas Técnicas de Prevención nºs 784, 792 y 839, relativas a la evaluación de la exposición a vibraciones.
12. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 40. "El enfoque actual en el estudio de las vibraciones y Real Decreto 1311/2005".
13. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 48. "Guías Técnicas: Ruido y Vibraciones Mecánicas".
14. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 66. "Exposición a vibraciones en trabajos forestales".
15. INSHT. Revista "Seguridad y Salud en el Trabajo" nº 75. "Evaluación por estimación del riesgo por vibraciones mecánicas".



ET.142.1.16



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO