



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

## TRABAJO FIN DE MÁSTER:

---

*Evaluación de riesgos por vibraciones mano-brazo  
de herramientas motorizadas.*

*Universidad Miguel Hernández*

*Autor: José Vicente Segarra Larrosa*

*Tutor: Vicente Blas Sempere López*

*Septiembre 2016*



## Contenido

1.RESUMEN.....	5
2.INTRODUCCIÓN .....	7
2.1. Definición de vibración .....	7
2.2. Parámetros .....	8
2.3. Clasificación de las vibraciones en el sistema mano-brazo.....	10
2.3.1. Características físicas:.....	10
2.3.2. Origen: .....	10
2.4. Transmisibilidad e impedancia.....	11
2.5. Exposición de origen profesional.....	12
2.6. Efectos en el sistema mano-brazo.....	14
2.6.1. Malestar subjetivo.....	15
2.6.2.Perturbación de la actividad.....	16
2.6.3.Efectos en el esqueleto.....	16
2.6.4. Efectos musculares.....	17
2.6.5. Efectos neurológicos.....	18
2.6.6. Efectos vasculares (Fenómeno de Raynaud).....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. OBJETIVOS.....	23
5. CUERPO .....	25
5.1. Maquinaria a estudiar .....	25
5.1.1. Amoladoras .....	25
5.1.2. Taladros.....	28
5.1.3. Martillo percutor .....	30
5.2. Extracción de datos.....	32
5.2.1. Datos en las instrucciones del fabricante.....	32
5.2.2. La normativa EN 60745.....	33
5.3.Resultados.....	34
5.3.1 Amoladora pequeña .....	34

5.3.2 Amoladora grande.....	39
5.3.3 Taladro .....	44
5.3.4. Martillo .....	49
5.3.5. Sumario .....	55
5.4.Discusión .....	57
5.4.1.Amoladoras pequeñas.....	59
5.4.2.Amoladoras grandes.....	59
5.4.3. Taladro (metal).....	60
5.4.4. Taladro (percutor) .....	61
5.4.5. Martillo .....	61
5.4.6. Acciones preventivas .....	63
6.CONCLUSIONES .....	67
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69



## 1.RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el estudio de diversas herramientas motorizadas disponibles en el mercado, concretamente las utilizadas en el ámbito de la construcción.

En un primer lugar se presentan los aspectos teóricos de la influencia de vibraciones en el sistema mano-brazo de los trabajadores y los posibles efectos adversos.

Además se nombrará la normativa relativa a la evaluación del riesgo y la manera a proceder específicamente cuando solamente contamos con los datos de vibraciones ofrecidos por el fabricante.

Posteriormente se realizará una compilación y comparación de los datos ofrecidos por el fabricante en cuanto a vibraciones de la maquinaria durante su correcto uso y en buenas condiciones de la herramienta. Se estudiarán las marcas más utilizadas en el sector profesional.

Con los datos recopilados se hallarán los tiempos máximos de uso de cada herramienta valorando la peligrosidad de su uso en situaciones reales.

Por último se mencionarán las acciones apropiadas ante el riesgo de vibraciones que se podrían encontrar en el uso de las herramientas mencionadas y se propondrán ampliaciones para el presente trabajo.



## **2.INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto evaluará los riesgos derivados de las vibraciones de maquinaria motorizada en trabajadores del sector de la construcción, siendo éstas herramientas amoladoras, taladros y martillos.

Es necesario establecer ciertos conceptos sobre el tema previamente:

### **2.1. Definición de vibración**

La vibración se puede definir como todo movimiento oscilante que hace una partícula alrededor de una posición de referencia inicial o de equilibrio. Desde un punto de vista higiénico las vibraciones comprenden todo movimiento transmitido al cuerpo humano por estructuras sólidas capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia.

Se define vibración transmitida al sistema mano-brazo como una vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, pone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o articulaciones, nerviosos o musculares,

Son producidas por el manejo de herramientas motorizadas portátiles o fijas (taladrador manual, cortacésped, martillo neumático, etc.)

## 2.2. Parámetros

Frecuencia: es el número de vibraciones o de oscilaciones completas en la unidad de tiempo. Se mide en ciclos por segundo que se denomina Hertzios (Hz).

El cuerpo humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias de las vibraciones por lo tanto deben interesarnos solamente los rangos de frecuencias perjudiciales para el trabajador que para el sistema mano brazo está entre 8 Hz y 1000 Hz.[1]

Aceleración: la amplitud de la vibración es el desplazamiento de la masa respecto a su situación de equilibrio y describe el contenido en energía de la señal.

Normalmente se caracteriza midiendo la aceleración de la vibración.

Valor cuadrático medio (RMS) ó aceleración continua equivalente: Las vibraciones varían con el tiempo, tanto en frecuencia como en magnitud. Debido a ello se utiliza la aceleración continua equivalente para un tiempo T ( $A_{eq,T}$ ), que se define como la aceleración constante que tiene la misma energía que la señal de vibración variable en un periodo de tiempo determinado.

Dirección de la vibración: pueden producirse en cualquiera de las direcciones y por lo tanto, la medición de las vibraciones transmitidas a un trabajador debe hacerse en las direcciones adecuadas, X, Y y Z de un sistema de coordenadas ortogonal.

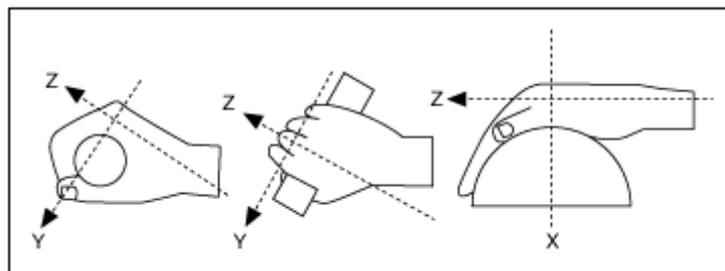


Fig. 1 Ejes de medición

Tiempo de exposición: es un parámetro fundamental a la hora de caracterizar la exposición a vibraciones, debido a que los efectos producidos por las mismas dependen de la duración de la exposición además de la aceleración y por lo tanto la energía de la vibración.



## 2.3. Clasificación de las vibraciones en el sistema mano-brazo.

Podemos clasificar las vibraciones según:[1]

### 2.3.1. Características físicas:

- Vibraciones libres, periódicas, o sinusoidales cuando no existen fuerza externas que modifiquen la amplitud de las sucesivas ondas y la oscilación se repite periódicamente sin que varíen los parámetros que la definen.
- Vibraciones no periódicas: son fenómenos transitorios como golpes o choques en los que se transmite al cuerpo una gran cantidad de energía en un corto periodo de tiempo.
- Vibraciones aleatorias: donde si actúan dichas fuerzas externas y se produce un movimiento irregular de las partículas.

### 2.3.2. Origen:

- *Vibraciones producidas en procesos de transformación:* interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados.
- *Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales:* fuerzas alternativas no equilibradas y las que provienen de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transporte.
- *Vibraciones debidas a fallos de la maquinaria:* concepción, utilización, funcionamiento y mantenimiento.
- *Vibraciones de origen natural.*

## 2.4. Transmisibilidad e impedancia.

Los resultados experimentales indican que el comportamiento mecánico de la extremidad superior humana es complejo, dado que la impedancia del sistema de la mano y el brazo—es decir, la resistencia a vibrar—presenta marcadas variaciones en función de los cambios de amplitud de vibración, frecuencia y dirección, fuerzas aplicadas y orientación de la mano y el brazo con respecto al eje del estímulo. En la impedancia influye también la constitución corporal y las diferencias estructurales de las diversas partes de la extremidad superior (p. ej., la impedancia mecánica de los dedos es muy inferior a la de la palma de la mano).

En general, a mayores niveles de vibración y a mayores presiones de agarre de la mano, mayor impedancia. Con todo, se ha descubierto que las variaciones de impedancia dependen considerablemente de la frecuencia y dirección del estímulo de la vibración y de las diversas fuentes de intravariabilidad e intervariabilidad del sujeto. En varios estudios se ha comunicado la existencia de una región de resonancia para el sistema de los dedos, la mano y el brazo en la gama de frecuencia comprendida entre 80 y 300 Hz.

Medidas de la transmisión de vibraciones a través del brazo humano han mostrado que las vibraciones de baja frecuencia (<50 Hz) se transmiten con poca atenuación a lo largo de la mano y el antebrazo.

La atenuación en el codo depende de la postura del brazo, dado que la transmisión de vibraciones tiende a disminuir a medida que aumenta el ángulo de flexión en la articulación del codo.

A frecuencias altas (>50 Hz), la transmisión de vibraciones disminuye progresivamente a medida que aumenta la frecuencia, y por encima de 150 a 200 Hz la mayor parte de la energía de vibración se disipa en los tejidos de la mano y los dedos.

De las medidas de transmisibilidad se infiere que en la región de alta frecuencia, las vibraciones pueden ser responsable de daños a las estructuras blandas de los dedos y manos, mientras que las vibraciones de baja frecuencia y gran amplitud (p. ej., producida por herramientas de percusión) podría estar relacionada con lesiones de muñeca, codo y hombro.

## 2.5. Exposición de origen profesional.

Las vibraciones mecánicas producida por procesos o herramientas a motor y que penetran en el cuerpo por los dedos o la palma de las manos se denominan vibraciones transmitidas a las manos. Como sinónimos de vibraciones transmitidas a las manos se utilizan con frecuencia las expresiones vibraciones mano-brazo y vibraciones locales o segmentarias.

En varias actividades industriales se encuentran muy extendidos los procesos y herramientas a motor que exponen las manos del operario a vibraciones. La exposición de origen profesional a las vibraciones transmitidas a las manos proviene de las herramientas a motor que se utilizan en fabricación (p. ej., herramientas de percusión para trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, llaves de impacto), explotación de canteras, minería y construcción (p. ej., martillos perforadores de roca, martillos rompedores de piedra, martillos picadores, compactadores vibrantes), agricultura y trabajos forestales (p. ej., sierras de cadena, sierras de recortar, descortezadoras) y servicios públicos (p. ej., martillos rompedores de asfalto y hormigón, martillos perforadores, amoladoras de mano).

También puede producirse exposición a vibraciones transmitidas a las manos por piezas vibrantes sostenidas con las manos del operario, como en el amolado de columna, y por controles manuales vibrantes, como al utilizar cortacéspedes o controlar rodillos vibrantes para compactación de carreteras.

Se ha comunicado que el número de personas expuestas a vibraciones transmitidas a las manos en el trabajo excede de 150.000 en los Países Bajos, de 0,5 millones en Gran Bretaña y de 145 millones en Estados Unidos.

La exposición excesiva a las vibraciones transmitidas a las manos puede causar trastornos en los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores. Se calcula que del 1,7 al 3,6 % de los trabajadores de los países europeos y de Estados Unidos están expuestos a vibraciones transmitidas a las manos potencialmente peligrosa .

La expresión síndrome de vibraciones mano-brazo (HAVS, *Hand Arm Vibration Syndrome* en inglés ) se utiliza comúnmente en referencia a los síntomas asociados con exposición a vibraciones transmitidas a las manos:

- Trastornos vasculares.
- Trastornos neurológicos periféricos.
- Trastornos de los huesos y articulaciones.
- Trastornos musculares.
- Otros trastornos (todo el cuerpo, sistema nervioso central).

Actividades tales como la conducción de motocicletas o el uso de herramientas vibrantes domésticas pueden exponer las manos esporádicamente a vibraciones de gran amplitud, pero sólo las largas exposiciones diarias pueden provocar problemas de salud.

## 2.6. Efectos en el sistema mano-brazo.

Cuando el sistema recibe vibraciones de frecuencias que oscilan en un rango de 20 a 1000 Hz, normalmente producidas por herramientas alternativas, rotativas o percutoras, los tejidos musculares y nerviosos, así como tendinosos y cartilagosos, reciben una energía que provoca trastornos que modifican su normal funcionamiento.

Al contrario que en otros procesos traumáticos para los tejidos, en este caso se produce un efecto acumulativo a lo largo de periodos largos de exposición a la vibración, es lo que se conoce como CTD (desordenes traumáticos acumulativos, o en inglés *Cumulative Trauma Disorders*). Se produce una degeneración de los tendones músculos y más profundamente de nervios.

El número de personas expuestas a vibraciones transmitidas a las manos en el trabajo excede de 150.000 en los Países Bajos, de 0,5 millones en Gran Bretaña y de 145 millones en Estados Unidos. La exposición excesiva a las vibraciones transmitidas a las manos puede causar trastornos en los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores. Se calcula que del 1,7 al 3,6 % de los trabajadores de los países europeos y de Estados Unidos están expuestos a vibraciones transmitidas a las manos potencialmente peligrosa .

El proceso afecta a los músculos produciendo dolor, rigidez y disminución de la fuerza; a las articulaciones genera artrosis en el codo, necrosis del semilunar por falta de un riego adecuado así como osteonecrosis del escafoides.

Las estructuras más sensibles son los vasos sanguíneos y los nervios.

El fenómeno de *Raynaud* sucede por un riego sanguíneo anormal a los tejidos de la piel y uñas provocando decoloraciones diversas por isquemia (falta de sangre), hiperemia (exceso de presión sanguínea en la zona) o cianosis (ausencia de oxígeno).

En cuanto a los nervios, el exceso de movimiento producido por vibraciones puede producir daños a la mielina protectora del nervio y provocar neuropatías periféricas.

Veamos con más detenimiento los efectos provocados según el campo de afección en el trabajador.

### **2.6.1. Malestar subjetivo.**

La vibración es detectada por diversos mecanorreceptores de la piel, situados en los tejidos dérmicos y subcutáneos de la piel lisa y desnuda de los dedos y manos. Tales receptores se clasifican en dos categorías —de adaptación lenta y rápida— según sus propiedades de adaptación y su campo receptor.

En las unidades mecanorreceptoras de adaptación lenta se encuentran los discos de Merkel y las terminaciones de Ruffini, que responden a la presión estática y a pequeñas variaciones de presión y son excitados a baja frecuencia (<16 Hz).

Las unidades de adaptación rápida tienen los corpúsculos de Meissner y de Pacinian, que responden a variaciones rápidas de los estímulos y se encargan de producir la sensación de vibración en la gama de frecuencia entre 8 y 400 Hz.[2]

La respuesta subjetiva a las vibraciones transmitidas a las manos se ha utilizado en varios estudios para obtener valores umbral, contornos de sensación equivalente y límites de sensación desagradable o de tolerancia a los estímulos vibratorios a diferentes frecuencias. Los resultados experimentales indican que la sensibilidad humana a la vibración disminuye a medida que aumenta la frecuencia, tanto en lo que se refiere a los niveles de vibración confortables como molestos.

La vibración vertical parece causar mayor malestar que la vibración en otras direcciones.

Se ha observado también que el malestar subjetivo está en función de la composición espectral de la vibración y de la fuerza de agarre ejercida sobre la empuñadura que vibra.

### **2.6.2. Perturbación de la actividad.**

La exposición aguda a vibraciones transmitidas a las manos puede causar un aumento temporal de los umbrales vibrotáctiles debido a una depresión de la excitabilidad de los mecanorreceptores de la piel.

La magnitud de la variación temporal de estos umbrales, así como el tiempo de recuperación están sujetos a la influencia de distintas variables, tales como las características del estímulo (frecuencia, amplitud, duración), la temperatura y la edad y exposición anterior a la vibración del trabajador.

La exposición al frío agrava la depresión táctil inducida por las vibraciones, debido a que la baja temperatura tiene un efecto vasoconstrictor en la circulación digital y reduce la temperatura de la piel de los dedos. En trabajadores expuestos a vibraciones que trabajan habitualmente en ambientes fríos, los episodios repetidos de deterioro agudo de la sensibilidad táctil puede conducir a una reducción permanente de la percepción sensorial y a la pérdida de destreza de manipulación lo que, a su vez, puede interferir en la actividad laboral y elevar el riesgo de lesiones graves por accidentes.

### **2.6.3. Efectos en el esqueleto.**

Las lesiones óseas y articulares inducidas por las vibraciones son objeto de controversia.

Diversos autores consideran que los trastornos de huesos y articulaciones en trabajadores que utilizan herramientas vibrantes de mano, no tienen carácter específico ni son similares a los originados por el proceso de envejecimiento y por el trabajo manual pesado.

Por otra parte, algunos investigadores han comunicado que la exposición prolongada a vibraciones transmitidas a las manos puede producir alteraciones esqueléticas características en las manos, muñecas y codos.

Estudios radiológicos realizados en un primer momento revelaron una alta prevalencia de vacuolas y quistes óseos en las manos y muñecas de trabajadores expuestos a vibraciones, pero otros estudios más recientes no han mostrado ningún aumento significativo con respecto a grupos de control integrados por trabajadores manuales.

Se ha comunicado una prevalencia elevada de osteoartrosis de muñeca y artrosis y osteofitosis de codo en mineros del carbón, trabajadores de la construcción de carreteras y trabajadores del metal expuestos a choques y a vibración de baja frecuencia y gran amplitud producida por herramientas neumáticas de percusión. Por el contrario, hay poca evidencia de aumento de la prevalencia de trastornos óseos y articulares degenerativos en las extremidades superiores de los trabajadores expuestos a vibraciones de mediana o alta frecuencia procedentes de sierras de cadena o amoladoras.

El esfuerzo físico intenso, un agarre con fuerza y otros factores biomecánicos pueden ser la causa de la mayor aparición de lesiones esqueléticas encontrada en trabajadores que utilizan herramientas de percusión.

El dolor localizado, la hinchazón y la rigidez y deformidades de las articulaciones pueden estar relacionados con hallazgos radiológicos de degeneración ósea y articular.

#### **2.6.4. Efectos musculares.**

Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden quejarse de debilidad muscular y dolor en las manos y brazos. En algunos individuos la fatiga muscular puede causar discapacidad.

En algunos estudios de seguimiento de leñadores se ha comunicado una disminución de la fuerza de agarre de la mano. Se han sugerido lesión mecánica directa o daño del nervio periférico como posibles factores etiológicos de los síntomas musculares. También se han comunicado otros trastornos relacionados con el trabajo en trabajadores expuestos a vibraciones, como tendinitis y tenosinovitis en las extremidades superiores, y contractura de Dupuytren, una enfermedad del tejido fascial de la palma de la mano.

Tales trastornos parecen tener relación con factores de estrés ergonómicos derivados del trabajo manual pesado, y la asociación con vibración transmitida a las manos no es concluyente.

#### **2.6.5. Efectos neurológicos.**

Los trabajadores que manejan herramientas vibrantes pueden sufrir hormigueo y adormecimiento de dedos y manos. Si la exposición a las vibraciones continúa, estos síntomas tienden a empeorar y pueden interferir con la capacidad de trabajo y las actividades de su vida diaria.

Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden presentar umbrales vibratorios, térmicos y táctiles más elevados en los reconocimientos clínicos. Se ha sugerido que la exposición continua a las vibraciones no sólo puede deprimir la excitabilidad de los receptores de la piel sino también inducir alteraciones patológicas en los nervios de los dedos, tales como edema perineural, seguido de fibrosis y pérdida de fibra nerviosa.

Estudios epidemiológicos de trabajadores expuestos a vibraciones señalan que la prevalencia de trastornos neurológicos periféricos varía desde un pequeño porcentaje hasta más del 80 por ciento, y que la pérdida de sensibilidad afecta a usuarios de una amplia variedad de tipos de herramientas.

Parece ser que la neuropatía por vibración se desarrolla con independencia de otros trastornos inducidos por las vibraciones.

Se requiere un diagnóstico diferencial cuidadoso para distinguir la neuropatía por vibraciones de neuropatías por compresión, tales como el síndrome del túnel carpiano (CTS), un trastorno debido a compresión del nervio mediano a su paso por un túnel anatómico de la muñeca. El CTS parece ser un trastorno común en algunos grupos profesionales que utilizan herramientas vibrantes, tales como los perforadores, los chapistas y los trabajadores forestales.

Se cree que los factores de estrés ergonómicos que actúan sobre la mano y la muñeca (movimientos repetitivos, agarre con fuerza, malas posturas), unidos a las vibraciones, pueden causar CTS en trabajadores que manejan herramientas vibrantes.

La electroneuromiografía, que mide las velocidades de los nervios sensoriales y motores, ha demostrado ser útil para diferenciar el CTS de otros trastornos neurológicos.

### **2.6.6. Efectos vasculares (Fenómeno de Raynaud).**

Giovanni Loriga, médico italiano, comunicó por primera vez en 1911 que los cortadores de piedra que utilizan martillos neumáticos en bloques de mármol y piedra en algunas serrerías de Roma, sufrían ataques de blanqueado de los dedos, semejantes a la respuesta vasospástica digital al frío o al estrés emocional descrita por Maurice Raynaud en 1862.

Observaciones similares fueron realizadas por Alice Hamilton (1918) en cortadores de piedra en Estados Unidos, y más tarde por varios otros investigadores. En la literatura se han utilizado diversos sinónimos para describir trastornos vasculares inducidos por vibraciones: dedo muerto o blanco, fenómeno de Raynaud de origen profesional, enfermedad vasospástica traumática y, más recientemente, dedo blanco inducido por vibración (*VWF *Vibration induced White Finger** en inglés).

Clínicamente, el VWF se caracteriza por episodios de dedos blancos o pálidos causados por oclusión espástica de las arterias digitales.

Los ataques suelen desencadenarse por el frío y duran de 5 a 30 ó 40 minutos. Durante un ataque puede experimentarse pérdida completa de sensibilidad táctil. En la fase de recuperación, normalmente acelerada por calor o masaje local, puede aparecer enrojecimiento de los dedos afectados a causa de un aumento reactivo del flujo sanguíneo en los vasos cutáneos.

En los pocos casos avanzados, los ataques vasospásticos digitales graves y repetidos pueden conducir a alteraciones tróficas (ulceración o gangrena) en la piel de las puntas de los dedos. Para explicar el fenómeno de Raynaud inducido por el frío en trabajadores expuestos a

vibraciones, algunos investigadores invocan un reflejo vasoconstrictor simpático central exagerado causado por exposición prolongada a vibraciones perjudiciales, mientras que otros tienden a enfatizar el papel de las alteraciones locales inducidas por las vibraciones en los vasos digitales (p. ej., engrosamiento de la pared muscular, daño endotelial, alteraciones del receptor funcional).

Para diagnosticar objetivamente el VWF se utilizan varias pruebas de laboratorio. La mayoría de ellas se basan en la provocación de frío y en la medida de la temperatura de la piel del dedo o del flujo y la presión de la sangre digital antes y después de enfriar los dedos y las manos.

Estudios epidemiológicos han demostrado que la prevalencia de VWF varía ampliamente desde 1 a 100 por cien. Se ha descubierto que el VWF está relacionado con el uso de herramientas de percusión para el trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, martillos percusores y perforadores utilizados en excavación, maquinaria vibrante empleada en el trabajo forestal y otras herramientas y procesos motorizados.

Se comunicó un descenso de la incidencia de nuevos casos de VWF entre trabajadores forestales tanto en Europa como en Japón, tras la introducción de sierras de cadena con sistemas antivibración y la aplicación de medidas administrativas que reducen el tiempo de utilización de las sierras.



Fig. 2 Fenómeno de Raynaud

### 3. JUSTIFICACIÓN

En el Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre, modificado por el Real Decreto 330/2009 de 13 de marzo se encuentra la legislación sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

En los mencionados documentos se indican conceptos a tener en cuenta a la hora de evaluar los riesgos producidos por las vibraciones.

Se debe evaluar el valor A(8), exposición diaria, que se expresa como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, y compararlo con el valor límite y el valor que da lugar a una acción. En el caso del sistema mano-brazo dichos valores están definidos como  $5 \text{ m/s}^2$  y  $2,5 \text{ m/s}^2$  respectivamente.

Para el presente trabajo nos fijaremos en el artículo 4 en el que se indica que no siempre es necesario realizar mediciones de las vibraciones para determinar el nivel de exposición a las vibraciones. Es suficiente con una estimación a partir de los datos conocidos de la magnitud de la vibración (en este caso los datos del fabricante) y de la observación de los métodos de trabajo.

Además el RD 1644/2008 establece, en su anexo I, la información que se debe proporcionar con las herramientas que produzcan vibraciones: valor total de las vibraciones, valor cuadrático medio e incertidumbre de la medición.

En este estudio se evaluarán diferentes maquinarias de mano de diferentes fabricantes, sobre todo las más usadas en el sector de la construcción. La VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo[3] indica que un 23,5% de los trabajadores están expuestos a vibraciones mano-brazo siendo el sector más influido por fenómenos vibratorios provenientes de herramientas electromecánicas de mano.



#### 4. OBJETIVOS

El objetivo general en el que se basa este trabajo es el de realizar una recopilación y estudio de los niveles de vibración a los que se ve sometido un trabajador con diferentes herramientas de diferentes fabricantes.

Además se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Estudio de los puestos de trabajo más expuestos a la influencia de las vibraciones.
- Evaluar y comparar los valores de las diferentes herramientas.
- Estudiar la tecnología aplicada a la reducción de las vibraciones.
- Indicar medidas preventivas en los casos en los que se pudiera sobrepasar la exposición.





## 5. CUERPO

### 5.1. Maquinaria a estudiar

A continuación se describirán las máquinas objeto del presente estudio y el uso aplicado que se le da en el ámbito laboral de la construcción.

#### 5.1.1. Amoladoras

Una amoladora se puede impulsar con un motor, el cual impulsa una cabeza de engranajes en un ángulo recto en el cual está montado un disco abrasivo o un disco de corte más delgado los cuales pueden ser reemplazados cuando se desgastan. Las amoladoras típicamente tienen un protector ajustable para su operación con cualquiera de las dos manos. Algunas, dependiendo de su rango de velocidad, pueden utilizarse como lijadoras utilizando un disco lijador con una almohadilla de apoyo. El sistema protector usualmente esta hecho de un plástico duro, resina fenólica o caucho de media dureza dependiendo de la cantidad de flexibilidad deseada.



Fig. 3 Amoladora

Las amoladoras pueden ser utilizadas tanto para eliminar el material sobrante de las piezas como para cortar en pedazos. Hay muchas clases diferentes de discos que se usan para diversos tipos de materiales y trabajos: discos de corte (hoja de diamante), discos rectificadores abrasivos, piedras demoledoras (rectificadoras), discos lijadores, ruedas de cepillo de alambre y almohadillas para pulir.

Se utilizan ampliamente para trabajos metalúrgicos y de la construcción, al igual que en rescates de emergencias.

Las amoladoras tiene grandes cojinetes de bolas (balineras o rodamientos) para contrarrestar las fuerzas laterales que se generan durante los cortes. En esto se diferencia de la taladradora, donde la fuerza es axial.

Otro factor es el poder de impulso (neumático o eléctrico), las rpm (revoluciones por minuto) el tamaño del disco. Usualmente el tamaño del disco y el poder de impulso aumentan juntos.



Fig. 4 Amoladora en funcionamiento

Hacemos una subdivisión dentro de esta maquinaria. Se comercializan dos tamaños de amoladoras de mano:

- Amoladora pequeña, que utiliza discos de 115 mm ó 125 mm, y con distintas potencias 500w, 700W, 800W...Se usa para trabajos que no requieren gran potencia de corte o que necesitan más precisión.
- Amoladora grande, con discos de 230 mm y potencias de 2000W, 2600W,... y se usa más para trabajos duros, trabajos intensivos, superficies duras, materiales grandes,...Pero son más pesadas y difíciles de manejar.

En la construcción El trabajo realizado con las amoladoras consiste principalmente en cortar material (ladrillos, baldosas, adoquines, vigas, tubos...) para adecuarlo al lugar donde debe ser colocado, en eliminar rebabas de hormigón en ciertos lugares o en la realización de rozas para instalaciones.

### 5.1.2. Taladros

El taladro o taladradora es una herramienta que se utiliza para perforar diversos materiales. Los agujeros se hacen por un proceso de arranque de material mediante unas herramientas llamadas brocas.

Básicamente los taladros pueden ser de dos tipos: el taladro de mano que es portátil y el taladro de sobremesa que permite bajar fácilmente la broca perpendicularmente al material que queremos agujerear y habitualmente se utiliza conjuntamente con la mordaza, herramienta que permite sujetar el material que se quiere perforar. El taladro de sobremesa está fijado a un banco de trabajo y no es, por tanto, portátil.

Según el material que se quiere perforar, la broca a utilizar variará. Hay brocas para metal, el hormigón, la madera o la piedra. Además, también se permite elegir el diámetro de la broca en función del tamaño de agujero a realizar.



Fig. 5 Taladro

Normalmente los taladros llevan un regulador de velocidad que deberá ser lenta para los materiales duros y más rápida para blandos o agujeros pequeños. Para los materiales como piedra, cerámica u hormigón a menudo es conveniente activar el percutor, que es un dispositivo que permite que la broca, además de girar, pique sobre el material a taladrar.

Tenemos así dos tipos de taladro (o de forma de operar):

- Taladro sin percusión: herramienta eléctrica destinada a taladrar diferentes materiales como metales, madera, materiales sintéticos, etc.
- Taladro con percusión: herramienta eléctrica destinada a taladrar especialmente hormigón, piedra y otros materiales duros similares (específicamente sobre piedra, mampostería, materiales duros y trabajos ocasionales de perforación en hormigón). Dispone de un mecanismo de carraca o engranajes dentados de impulsión de efecto axial, que se superpone al rotativo realizado por el husillo de accionamiento.

En el ámbito de la construcción se usa frecuentemente para la instalación de enganches en paredes y suelos, perforación de huecos para conducción de tuberías de una estancia a otra, incluso para perforación de metales como vigas, etc.

Por lo general los taladros eléctricos de potencia son sujetados por un asa o mango perpendicular a la dirección de empuje de la broca ( eje axial), mientras que en el caso de las amoladoras la mano realiza un esfuerzo radial perpendicular a la velocidad del disco de corte.

Hay que remarcar que para el presente estudio sólo se tendrán en cuenta taladros eléctricos alimentados por cable y de potencias usadas en la construcción.

### 5.1.3. Martillo percutor

El martillo percutor es una herramienta alimentada por aire comprimido o electricidad, que combina la acción de un martillo y un cincel.

Consta de un sistema mecánico con un peso que mueve alternadamente ejerciendo movimientos de choque contra la cabeza de un largo cincel. La punta de este cincel actúa sobre la superficie a percutir. El peso deja de estar en contacto con el cincel, el cual vuelve a su posición original mediante un fuerte muelle.

El trabajo realizado mediante la utilización de martillos percutores, consiste en picar en forjados y paredes para la realización de agujeros para instalaciones, así como para picar y eliminar los sobrantes de hormigón en el suelo o las escaleras.

En este estudio sólo se tendrán en cuenta los martillos eléctricos.



Fig. 6 Martillo

Como se puede apreciar por el sistema en el que se basa el funcionamiento del martillo, son estas herramientas las que mayor energía transmiten al operador. Es por ello que la mayoría de fabricantes ofrecen efectivos sistemas de amortiguación para evitar el riesgo que conlleva la operación de esta maquinaria en cuanto a vibraciones.



## 5.2. Extracción de datos.

### 5.2.1. Datos en las instrucciones del fabricante.

Como se ha comentado anteriormente, según lo recogido en el Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre, modificado por el Real Decreto 330/2009 de 13 de marzo[4], podemos realizar la estimación del efecto de las vibraciones en los trabajadores fijándonos en los datos proporcionados por los fabricantes de la maquinaria de la que se deriva la vibración.

En el RD 1644/2008 se establece, en su anexo I, los datos que los fabricantes deben indicar en la documentación.[5]

Veámos un ejemplo:

#### 4.2 Información sobre la emisión de ruidos y valores de vibración; medición según EN 60745

Los valores de vibración y de presión acústica indicados en estas instrucciones han sido medidos conforme a los procedimientos de medición homologados y pueden utilizarse para la comparación de diferentes herramientas eléctricas. También resultan útiles para realizar un análisis de los riesgos de exposición. Los datos indicados son específicos para las aplicaciones principales de la herramienta eléctrica. Los datos pueden, no obstante, registrar variaciones si la herramienta eléctrica se emplea para otras aplicaciones o con útiles de inserción distintos, o si se ha efectuado un mantenimiento insuficiente de la herramienta. En estos casos, los riesgos de exposición podrían aumentar considerablemente durante toda la sesión de trabajo. A fin de obtener un análisis preciso de los riesgos de exposición, también deben tenerse en cuenta los períodos en los que la herramienta está desconectada o está en marcha, pero no realmente en uso. De este

modo, los riesgos de exposición podrían reducirse considerablemente durante toda la sesión de trabajo. Adopte medidas de seguridad adicionales para proteger al usuario del efecto del ruido y de las vibraciones, como por ejemplo: mantenimiento de la herramienta eléctrica y los útiles de inserción, mantener las manos calientes, organización de los procesos de trabajo, etc.

#### Valores de emisión de ruidos; medición según EN 60745-2-6

Nivel de potencia acústica ( $L_{WA}$ )	100 dB(A)
Incertidumbre del nivel de potencia acústica ( $K_{WA}$ )	3 dB(A)
Nivel de presión acústica de emisiones ( $L_{pA}$ )	89 dB(A)
Incertidumbre del nivel de intensidad acústica ( $K_{pA}$ )	3 dB(A)

#### Valores de vibración totales (suma vectorial de tres direcciones); medición según EN 60745-2-6

Valores de emisión de vibraciones al cincelar ( $a_{h, cheq}$ )	14 m/s <sup>2</sup>
Valores de emisión de vibraciones al taladrar con martillo perforador en hormigón ( $a_{h, HD}$ )	17 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre para el valor de vibraciones mencionado (K)	1,5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 7 Hoja de características de vibraciones y ruidos

Como se puede observar en las instrucciones de este martillo eléctrico, figura la aceleración del equipo como suma vectorial de las aceleraciones en los tres ejes, además de la incertidumbre de la medición.

Se indica asimismo que el procedimiento de medición cumple con la norma EN 60745-2-6.

### **5.2.2. La normativa EN 60745.**

La serie de estándares de seguridad sobre maquinaria IEC 60745 se enfoca en las particularidades alrededor de las herramientas operadas por motor eléctrico con agarre manual. Empezando con requerimientos generales y avanzando a requisitos particulares para una variedad de maquinaria específica, refiriéndose a su seguridad frente a peligros comunes y su mal uso.



### 5.3.Resultados.

A continuación se muestra la información recopilada sobre la medición de las herramientas objeto de este estudio según diferentes fabricantes, para ser analizada en el siguiente capítulo.

#### 5.3.1 Amoladora pequeña

DEWALT D28065



#### ESPECIFICACIONES

Potencia	1250 W
Potencia de salida	680 W
Velocidad sin carga	9000 rpm
Máx. Diámetro de disco	125 mm
Rosca	M14
Peso	2.6 kg
Longitud	385 mm
Alto	110 mm
Vibración Mano/Brazo - Amolado	11.9 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	1.5 m/s <sup>2</sup>
Vibración Mano/Brazo - Lijado	1.7 m/s <sup>2</sup>
Presión sonora	94 dB (A)
Incertidumbre K 1 (sonido)	3 dB (A)
Presión Acústica	65 dB (A)
Incertidumbre K 2 (sonido)	3 dB (A)

Fig. 8 Especificaciones de DeWalt D28065

## HILTI AG 115-D



### 5.3 Información sobre la emisión de ruidos y valores de vibración; medición según EN 60745

Los valores de vibración y de presión acústica indicados en estas instrucciones han sido medidos conforme a los procedimientos de medición homologados y pueden utilizarse para la comparación de diferentes herramientas eléctricas. También resultan útiles para realizar un análisis de los riesgos de exposición.

Los datos indicados son específicos para las aplicaciones principales de la herramienta eléctrica. Los datos pueden, no obstante, registrar variaciones si la herramienta eléctrica se emplea para otras aplicaciones o con útiles de inserción distintos, o si se ha efectuado un mantenimiento insuficiente de la herramienta. En estos casos, los riesgos de exposición podrían aumentar considerablemente durante toda la sesión de trabajo.

A fin de obtener un análisis preciso de los riesgos de exposición, también deben tenerse en cuenta los períodos en los que la herramienta está desconectada o está en marcha, pero no realmente en uso. De este modo, los riesgos de exposición podrían reducirse considerablemente durante toda la sesión de trabajo.

Adopte medidas de seguridad adicionales para proteger al usuario del efecto del ruido y de las vibraciones, como por ejemplo: mantenimiento de la herramienta eléctrica y los útiles de inserción, mantener las manos calientes, organización de los procesos de trabajo, etc.

#### Información sobre la emisión de ruidos según EN 60745

Nivel de potencia acústica ( $L_{WA}$ )	101 dB(A)
Nivel de presión acústica de emisiones ( $L_{pA}$ )	90 dB(A)
Incertidumbre del nivel de intensidad acústica ( $K_{pA}$ )	3 dB(A)

#### Valores de vibración totales (suma vectorial de tres direcciones), medición según EN 60745

Otras aplicaciones como el tronzado pueden suponer una variación de los valores de vibración.

Lijado de superficies con empuñadura reductora de vibraciones ( $a_{h,AG}$ )	6,5 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre (K)	1,5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 9 Especificaciones HILTI AG 115-D

BOSCH GWS 9-115



**Información sobre ruido/vibraciones**

Valores de medición determinados según EN 60745 Nivel total de vibraciones (suma vectorial de tres direcciones)

<b>Lijado con hojas lijadoras</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	2.0 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	1.5 m/s <sup>2</sup>
<b>Amolado superficial (desbastado)</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	5.0 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	1.5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 10 Especificaciones BOSCH GWS 9-115

BLACK AND DECKER KG911



KG711,KG911,KG912
$L_{PA}$ (sound pressure) 92.6 dB(A), Uncertainty (K) 3 dB(A)
$L_{WA}$ (sound power) 103.6 dB(A), Uncertainty (K) 3 dB(A)
<b>Vibration total values (triax vector sum) according to EN60745:</b>
Surface grinding ( $a_{h,SG}$ ) 9.9 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Cutting-off ( $a_h$ ) 4.6 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Polishing ( $a_{h,P}$ ) 4.5 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Disc sanding ( $a_{h,DS}$ ) 9.6 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 11 Especificaciones BLACK AND DECKER KG911

## MAKITA 9557NBR



Technical specifications		Top
Bore Diameter	22 mm	
Noise sound pressure	<b>i</b> 86 dB(A)	
Noise sound power	<b>i</b> 97 dB(A)	
Noise K factor	<b>i</b> 3 dB(A)	
Spindle Size	M14x2mm	
Max Wheel Diameter	115 mm	
Input wattage	840 w	
No Load Speed	11000 rpm	
Vibration K factor	<b>i</b> 1.5 m/sec <sup>2</sup>	
Vibration: Artificial Wheel	<b>i</b> 7.5 m/sec <sup>2</sup>	
Net weight	<b>i</b> 2.0 kg	

Fig. 12 Especificaciones MAKITA 9557NBR

### 5.3.2 Amoladora grande

DEWALT DWE4579



#### ESPECIFICACIONES

Potencia	2600 W
Velocidad sin carga	6500 rpm
Máx. Diámetro de disco	230 mm
Rosca	M14
Peso	5.9 kg
Longitud	520 mm
Alto	145 mm
Vibración Mano/Brazo - Amolado	7.0 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	1.5 m/s <sup>2</sup>
Presión sonora	96 dB (A)
Incertidumbre K 1 (sonido)	3 dB (A)
Presión Acústica	107 dB (A)
Incertidumbre K 2 (sonido)	3 dB (A)

Fig. 13 Especificaciones DEWALT DWE4579

## HILTI DCG 230-DB



### INDICACIÓN

El nivel de vibración que se especifica en las instrucciones se ha medido conforme al protocolo de medición establecido en la norma EN 60745 y puede utilizarse para comparar distintas herramientas eléctricas. También es útil para realizar un análisis provisional de la carga de vibraciones. El nivel de vibración indicado es específico para las aplicaciones principales de la herramienta eléctrica. El nivel de vibración puede, no obstante, registrar variaciones si la herramienta eléctrica se emplea para otras aplicaciones, con útiles de inserción distintos o si se ha efectuado un mantenimiento de la herramienta insuficiente. En estos casos, la carga de vibraciones podría aumentar considerablemente durante toda la sesión de trabajo. A fin de obtener un análisis preciso de la carga de vibraciones también debe tenerse en cuenta los períodos en los que la herramienta está desconectada o conectada, pero no realmente en uso. En este caso, la carga de vibraciones podría reducirse notablemente durante toda la sesión de trabajo. Adopte las medidas de seguridad adicionales para proteger al usuario del efecto de las vibraciones, como p. ej.: mantenimiento de herramientas eléctricas y útiles de inserción, manos calientes, organización de los procesos de trabajo.

### Información sobre la emisión de ruidos (según EN 60745-1):

Nivel medio de potencia acústica con ponderación A DCG 230	101 dB (A)
Nivel medio de presión acústica de emisión con ponderación A DCG 230	90 dB (A)
Incertidumbre para el nivel acústico mencionado	3 dB (A)

### Información sobre vibraciones según EN 60745-1

Valores de vibración triaxiales (suma de vectores de vibración)	Medición según EN 60745-2-3
Lijado de superficies con empuñadura reductora de vibraciones, $a_{h,AG}$	5,0 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre (K)	1,5 m/s <sup>2</sup>
Información adicional	Otras aplicaciones como el tronzado pueden suponer una variación de los valores de vibración.

Fig. 14 Especificaciones HILTI DCG 230-DB

## BOSCH GWS 24-230 LVI



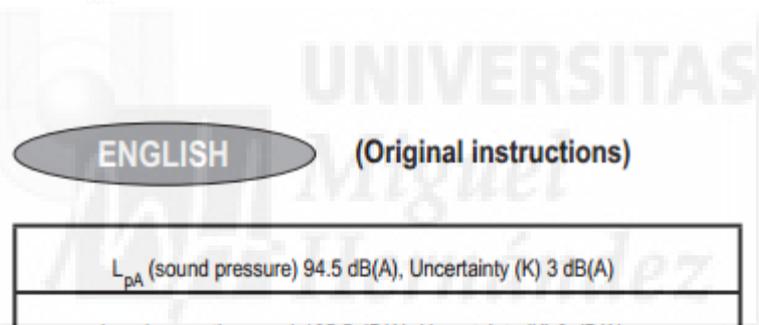
### Información sobre ruido/vibraciones

Valores de medición determinados según EN 60745 Nivel total de vibraciones (suma vectorial de tres direcciones)

<b>Lijado con hojas lijadoras</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	3.5 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	1.5 m/s <sup>2</sup>
<b>Amolado superficial (desbastado)</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	5.5 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	1.5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 15 Especificaciones BOSCH GWS 24-230 LVI

BLACK&DECKER KG2000



ENGLISH

(Original instructions)

$L_{pA}$ (sound pressure) 94.5 dB(A), Uncertainty (K) 3 dB(A)
$L_{WA}$ (acoustic power) 105.5 dB(A), Uncertainty (K) 3 dB(A)
Vibration total values (triax vector sum) according to EN 60745:
Surface grinding ( $a_{h,SG}$ ) 4.8 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Polishing ( $a_{h,P}$ ) 9.0 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Disc sanding ( $a_{h,DS}$ ) 3.2 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Wire brushing ( $a_h$ ) 4.5 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Cutting-off ( $a_h$ ) 4.5 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>

**EC declaration of conformity**  
MACHINERY DIRECTIVE

Fig. 16 Especificaciones BLACK&DECKER KG2000

## MAKITA GA7060R



### Technical specifications

Top

Bore Diameter	22 mm
Max Wheel Thickness	6.5 mm
Noise sound pressure	<b>i</b> 91 dB(A)
Noise sound power	<b>i</b> 102 dB(A)
Noise K factor	<b>i</b> 3 dB(A)
Max Wheel Diameter	180 mm
Input wattage	2000 w
No Load Speed	8500 rpm
Vibration K factor	<b>i</b> 1.5 m/sec <sup>2</sup>
Vibration: Surface Grinding	7.5 m/sec <sup>2</sup>
Vibration: Disc Sanding	2.5 m/sec <sup>2</sup>
Net weight	<b>i</b> 5.4 kg

Fig. 17 Especificaciones MAKITA GA7060R

### 5.3.3 Taladro

#### DEWALT DWD024KS



ESPECIFICACIONES	
Capacidad de portabrocas	1.5-13 mm
Potencia	701 W
Potencia de salida	302 W
Par máx. sostenido	8.6 Nm
Velocidad sin carga	0-2800 rpm
Impactos por minuto	0-47600 ipm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	25 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Acero]	13 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Hormigón]	16 mm
Rosca	1/2 x 20 U.N.F
Peso	1.82 kg
Longitud	255 mm
Alto	180 mm
Vibración Mano/Brazo - Metal	2.5 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	1.5 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	1.5 m/s <sup>2</sup>
Vibración Mano/Brazo - Impacto	25.3 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	3.1 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbre K 1 (vibración)	3.1 m/s <sup>2</sup>
Presión sonora	94 dB (A)
Incertidumbre K 1 (sonido)	3 dB (A)
Presión Acústica	105 dB (A)
Incertidumbre K 2 (sonido)	3.2 dB (A)

Fig. 18 Especificaciones DEWALT DWD024KS

## HILTI UH 700



### INDICACIÓN

El nivel de vibración que se especifica en las instrucciones se ha medido conforme al protocolo de medición establecido en la norma EN 60745 y puede utilizarse para comparar distintas herramientas eléctricas. También es útil para realizar un análisis provisional de la carga de vibraciones. El nivel de vibración indicado es específico para las aplicaciones principales de la herramienta eléctrica. El nivel de vibración puede, no obstante, registrar variaciones si la herramienta eléctrica se emplea para otras aplicaciones, con útiles de inserción distintos o si se ha efectuado un mantenimiento de la herramienta insuficiente. En estos casos, la carga de vibraciones podría aumentar considerablemente durante toda la sesión de trabajo. A fin de obtener un análisis preciso de la carga de vibraciones también deben tenerse en cuenta los períodos en los que la herramienta está desconectada o conectada, pero no realmente en uso. En este caso, la carga de vibraciones podría reducirse notablemente durante toda la sesión de trabajo. Adopte las medidas de seguridad adicionales para proteger al usuario del efecto de las vibraciones, como, p. ej.: mantenimiento de la herramienta eléctrica y de los útiles de inserción, manos calientes, organización de los procesos de trabajo.

### Información sobre la emisión de ruidos y vibraciones (medición según EN 60745-1):

Nivel medio de potencia acústica con ponderación A	109 dB (A)
Nivel medio de presión acústica de emisión con ponderación A	98 dB (A)
Incertidumbres para el nivel acústico mencionado	3 dB (A)

Valores de vibración triaxiales (suma de vectores de vibración)	Medición según EN 60745-2-1
Taladrar con percusión en hormigón, $a_{h,D}$	14,2 m/s <sup>2</sup>
Taladrar en metal, $a_{h,D}$	4 m/s <sup>2</sup>
Incertidumbres (K) para valores de vibración triaxiales	1,5 m/s <sup>2</sup>

### Información sobre la herramienta y su aplicación

Clase de protección	Clase de protección II (aislamiento doble)
---------------------	--

Fig. 19 Especificaciones HILTI UH 700

BOSCH GSB 19-2 RE



<b>Taladrar con percusión en hormigón</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	15.0 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	2.0 m/s <sup>2</sup>
<b>Taladrar en metal</b>	
Valor de vibraciones generadas ah	3.0 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	1.5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 20 Especificaciones BOSCH GSB 19-2 RE

## BLACK&DECKER KR911K



<b>Vibration total values (triax vector sum) according to EN 60745:</b>
Impact drilling into concrete ( $a_{h,D}$ ) 13.5 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>
Drilling into metal ( $a_{h,D}$ ) 4.3 m/s <sup>2</sup> , uncertainty (K) 1.5 m/s <sup>2</sup>

Fig. 21 Especificaciones BLACK&DECKER KR911K

MAKITA HP1640K



Technical specifications		Top
Max. in steel	13 mm	
Max. in masonry	16 mm	
Max. in wood	30 mm	
No Load Speed	0 - 2800 rpm	
Blows per minute	0-44800 bpm	
Input wattage	680 w	
Vibration: Drilling	2.5 m/sec <sup>2</sup>	
Vibration: Hammer Drilling	19 m/sec <sup>2</sup>	
Vibration K factor	2 m/sec <sup>2</sup>	
Noise sound pressure	92 dB(A)	
Noise sound power	103 dB(A)	
Noise K factor	3 dB(A)	
Net weight	2.0 kg	

Fig. 22 Especificaciones MAKITA HP1640K

### 5.3.4. Martillo

DEWALT D25330K



#### ESPECIFICACIONES

Porta-herramienta	SDS-Plus
Potencia	650 W
Potencia de salida	400 W
Impactos por minuto	0-4100 ipm
Energía de Impacto (EPTA 05/2009)	2.8 J
Peso	3.0 kg
Longitud	296 mm
Alto	225 mm
Incertidumbre K 1 (vibración)	N/A m/s <sup>2</sup>
Presión sonora	87 dB (A)
Incertidumbre K 1 (sonido)	2.2 dB (A)
Presión Acústica	105 dB (A)
Incertidumbre K 2 (sonido)	2.2 dB (A)
Velocidad sin carga	0-1100 rpm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	n/d mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	n/d mm
Máx. Capacidad de taladrado [Hormigón]	n/d mm
Vibración Mano/Brazo- Cíncel	N/A m/s
Máx. Capacidad de taladrado [Corona perforadora]	n/d mm
Vibración Mano/Brazo - Perforación en hormigón	17.0 m/s <sup>2</sup>
Vibración Mano/Brazo - Perforación en metal	17.0 m/s <sup>2</sup>
Vibración Mano/Brazo - Atornillando sin percusión	1.9 m/s <sup>2</sup>

Fig. 23 Especificaciones DEWALT D25330K

## HILTI TE 7-C



<b>Funcionalidad de mandril</b>	Click
<b>Energía de impacto</b>	2.6 J
<b>Frecuencia de impacto plena</b>	4020 golpes/minuto
<b>Velocidad de rotación en 1.ª sin carga</b>	740 rpm
<b>Peso según procedimiento EPTA 01/2003</b>	3.4 kg
<b>Dimensiones (L x An x Al)</b>	343 x 86 x 215 mm
<b>Tipo de mandril</b>	TE-C (SDS Plus)
<b>Tope de profundidad</b>	Sí
<b>Número de marchas</b>	1
<b>Conmutador inversor</b>	Sí
<b>Interruptor de velocidad variable</b>	Sí
<b>Valor de vibración triaxial para taladrado con percusión en hormigón (ah, HD)</b>	17 m/s <sup>2</sup> 1

Fig. 24 Especificaciones HILTI TE 7-C

## BOSCH GHS 388



### Información sobre ruido/vibraciones

Valores de medición determinados según EN 60745. Nivel total de vibraciones (suma vectorial de tres direcciones)

Cincelar	
Valor de vibraciones generadas ah	16.5 m/s <sup>2</sup>
Tolerancia K	2.0 m/s <sup>2</sup>

Fig. 25 Especificaciones BOSCH GHS 388

BLACK&DECKER KD1250K



Potencia	1250 W
Voltaje	230 V
Tipo de portabrocas	SDS+
Acción percutora	Sí
Capacidad máx. taladrado - madera	40 mm
Capacidad máx. taladrado - metal	13 mm
Capacidad máx. taladrado - hormigón	32 mm
Reversible	NO
Velocidad	nd
Velocidad sin carga	0 - 850 rpm
Longitud del cable	3 m
Tope de profundidad ajustable	Sí
Empuñadura secundaria ajustable	Sí
Botón de bloqueo en funcionamiento	Sí
Maletín	Sí
Presión sonora	93 dB (A)
Presión Acústica	104 dB (A)
Vibración	14.2 m/s <sup>2</sup>

Fig. 26 Especificaciones BLACK&DECKER KD1250K

## MAKITA HK1820



Technical specifications		Top
Blows per minute	3200 bpm	
Input wattage	550 w	
Vibration: Chiselling	 10 m/sec <sup>2</sup>	
Vibration K factor	 1.5 m/sec <sup>2</sup>	
Noise sound pressure	 83 dB(A)	
Noise sound power	 94 dB(A)	
Noise K factor	 3 dB(A)	
Net weight	 3.3 kg	
Impact energy	3.1 J	

Fig. 27 Especificaciones MAKITA HK1820



### 5.3.5. Sumario

#### Amoladora pequeña

Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )
DeWalt	D28065	11,9	1,5
Hilti	AG115-D	6,5	1,5
Bosch	GWS 9-115	5,0	1,5
Black&Decker	KG911	9,9	1,5
Makita	9557NBR	7,5	1,5

Fig. 28 Datos de amoladoras pequeñas

#### Amoladora grande

Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )
DeWalt	DWE4579	7,0	1,5
Hilti	DCG 230-DB	5,0	1,5
Bosch	GWS 24-230 LVI	3,5	1,5
Black&Decker	KG2000	3,2	1,5
Makita	GA 7060R	2,5	1,5

Fig. 29 Datos de amoladoras grandes

#### Taladro(percutor)

Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )
DeWalt	DWD024KS	25,3	1,5
Hilti	UH700	14,2	1,5
Bosch	GSB 19-2RE	15,0	2,0
Black&Decker	KR911K	13,5	1,5
Makita	HP1640K	19,0	2,0

Fig. 30 Datos de taladros en modo percutor

#### Taladro(metal)

Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )
DeWalt	DWD024KS	2,5	3,1
Hilti	UH700	4,0	1,5
Bosch	GSB 19-2RE	3,0	1,5
Black&Decker	KR911K	4,3	1,5
Makita	HP1640K	2,5	2,0

Fig. 31 Datos de taladros sobre metal

## Martillo

Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )
DeWalt	D25330K	17,0	-
Hilti	TE 7-C	17,0	-
Bosch	GSH 388	16,5	2,0
Black&Decker	KD1250K	14,2	-
Makita	HK1820	10,0	1,5

Fig. 32 Datos de martillos



## 5.4. Discusión

Una vez recopilada la información se puede proceder a su análisis.

Recordemos que el RD 1311 establece unos valores para las vibraciones mano-brazo que son los siguientes:

- El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en  $5 \text{ m/s}^2$ . [6]
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en  $2,5 \text{ m/s}^2$ . [6]

Asimismo, el valor de exposición  $A(8)$  puede ser calculado con la siguiente fórmula cuando analizamos la exposición de una única herramienta [7]:

$$A(8) = a_{hvi} \cdot \sqrt{\frac{t(\text{horas})}{8}}$$

Para poder tener una mejor visión de los datos obtenidos, usamos la siguiente fórmula:

$$t_{\text{máx}} = 8 \cdot \left( \frac{A(8)}{a_{hvi}} \right)^2$$

Y cambiando el valor  $A(8)$  por 5 ó 2,5 hallamos el tiempo límite de uso de cada herramienta y el tiempo que da lugar a una acción respectivamente.

Considerando el valor de incertidumbre de la medición indicada por cada fabricante se realizan dos cálculos de tiempos máximos de uso: uno usando como valor  $a_{hvi}$  el valor de medición más su incertidumbre (*Datos fabricante*) y otro aplicando el factor de corrección que nos indica la guía de vibraciones del INHST debido a que los ensayos de los fabricantes subestiman el valor de la vibración cuando son utilizadas en el lugar de trabajo (*Datos corregidos*).

“ El documento técnico CEN/TR 15350: 2005 aconseja que, para estimar el riesgo, los valores de emisión declarados por el fabricante se multipliquen por un factor que depende del tipo de herramienta, según se indica en la siguiente tabla:”[8]

<b>Tipo de herramienta</b>	<b>Factor</b>
Herramientas de motor de combustión	1
Herramientas neumáticas	1,5 a 2
Herramientas eléctricas	1,5 a 2

Por lo tanto en nuestro caso debemos aplicar un factor correctivo de 1,5 a 2; siendo escogido finalmente el 2 por ampliar el margen de seguridad.

Hagamos un repaso de cada herramienta y la evaluación de los posibles riesgos por vibraciones durante su uso teniendo en cuenta el ámbito de la construcción.



### 5.4.1. Amoladoras pequeñas.

Amoladora Pequeña				Datos fabricante		Datos corregidos	
Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )	t(h) hasta VLA	t(h) hasta VL	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL
DeWalt	D28065	11,9	1,5	0,28	1,11	4,69	18,75
Hilti	AG115-D	6,5	1,5	0,78	3,13	14,27	57,07
Bosch	GWS 9-115	5,0	1,5	1,18	4,73	22,68	90,74
Black&Decker	KG911	9,9	1,5	0,38	1,54	6,61	26,45
Makita	9557NBR	7,5	1,5	0,62	2,47	11,02	44,08

Fig. 33 Estudio de amoladoras pequeñas

La amoladora pequeña se suele usar para el corte de baldosas y azulejos así como la realización de rozas en tabiques. Dichas operaciones no suelen ocupar mucho tiempo en total, si sumamos todos los cortos periodos de tiempo en los que la máquina se activa, en una jornada de trabajo.

Bien es cierto que varios modelos ofrecen períodos de tiempo de uso tal vez demasiado cortos. En el caso de que se optara por usar estas herramienta se deberían tomar medidas como el uso de guantes especiales para vibraciones cuya certificación CE esté basada en la norma técnica armonizada UNE-EN 10819:1996.

De esta manera no habría una necesidad de aplicar medidas, salvo que un estudio detallado del tiempo de uso de los trabajadores detectara un sobrepaso de los tiempos indicados.

### 5.4.2. Amoladoras grandes.

Amoladora grande				Datos fabricante		Datos corregidos	
Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )	t(h) hasta VLA	t(h) hasta VL	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL
DeWalt	DWE4579	7,0	1,5	0,69	2,77	12,49	49,95
Hilti	DCG 230-DB	5,0	1,5	1,18	4,73	22,68	90,74
Bosch	GWS 24-230 LVI	3,5	1,5	2,00	8,00	41,52	166,09
Black&Decker	KG2000	3,2	1,5	2,26	>8h	48,07	192,28
Makita	GA 7060R	2,5	1,5	3,13	>8h	71,01	284,02

Fig. 34 Estudio de amoladoras grandes

La amoladora grande se usa para aplicaciones donde la pequeña no llega a la profundidad de corte necesaria o a la potencia requerida para la aplicación. Su uso comprende el corte de ladrillos y bloques, cortes en hormigón y con el disco apropiado corte de ferralla y tuberías.

La información recopilada nos informa del escaso conflicto que podríamos tener con el tiempo de uso de esta herramienta, salvo en cierto modelo. Sus valores límite de tiempo son mucho menores que en el caso de las amoladoras pequeñas. Podemos encontrar la lógica de este hecho si tenemos en cuenta que el uso de esta herramienta en el ámbito profesional es mucho mayor, por lo que los fabricantes añaden sistemas contra la vibración más eficaces.

Como se ha comentado anteriormente, el uso de esta herramienta no superaría en su totalidad una hora por lo que cualquier modelo nos daría la seguridad de estar fuera de riesgo.

### 5.4.3. Taladro (metal)

Taladro sobre metal				Datos fabricante		Datos corregidos	
Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )	t(h) hasta VLA	t(h) hasta VL	t(h) hasta VLA	t(h) hasta VL
DeWalt	DWD024KS	2,5	3,1	1,59	6,38	0,76	3,05
Hilti	UH700	4,0	1,5	1,65	6,61	0,55	2,22
Bosch	GSB 19-2RE	3,0	1,5	2,47	>8h	0,89	3,56
Black&Decker	KR911K	4,3	1,5	1,49	5,95	0,49	1,96
Makita	HP1640K	2,5	2,0	2,47	>8h	1,02	4,08

Fig. 35 Estudio de los taladros contra metal

No suele ser habitual el uso en la construcción del taladro para realizar orificios en metal salvo en casos puntuales de fijación en vigas de naves o edificios. Sin embargo, a modo informativo se presentan los resultados.

Como se observa, el tiempo límite que da lugar a una acción está por encima de la media hora. Este valor está por encima de lo necesario en este tipo de trabajo por lo que no nos presentaría ningún problema.

Es lógico encontrar estos valores tan bajos en la aceleración dado que la perforación en metal se realiza con un avance suave y homogéneo de la broca.

#### 5.4.4. Taladro (percutor)

Taladro percutor				Datos fabricante		Datos corregidos	
Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL
DeWalt	DWD024KS	25,3	1,5	4,18	16,71	1,11	4,42
Hilti	UH700	14,2	1,5	12,17	48,68	3,36	13,42
Bosch	GSB 19-2RE	15,0	2,0	10,38	41,52	2,93	11,72
Black&Decker	KR911K	13,5	1,5	13,33	53,33	3,69	14,77
Makita	HP1640K	19,0	2,0	6,80	27,21	1,88	7,50

Fig. 36 Estudio de taladros en modo percutor

El modo percutor del taladro permite realizar perforaciones en hormigón, piedra, bloques, etc.

Se trata de un movimiento oscilatorio de la broca al mismo tiempo que gira, por lo que se produce el efecto del cincelado en el material. Este movimiento puede desgranarlo y mejorar la perforación, por otra parte este hecho incide en el valor de la aceleración de la vibración de la herramienta.

Como se observa en los resultados, en el caso del taladro en modo percutor, tenemos valores de tiempo límite que da lugar a una acción está en el orden de los minutos.

Será, por lo tanto, una herramienta a tener muy en cuenta pues a pesar de que la operación de un perforado no ocupa mucho tiempo, la suma de estas pequeñas operaciones a lo largo de la jornada laboral puede sobrepasar el límite que da lugar a una acción (probablemente no se llegue al valor límite).

Se comentarán posibles acciones para prevenir este riesgo en un punto siguiente.

#### 5.4.5. Martillo

Martillo				Datos fabricante		Datos corregidos	
Marca	Modelo	Vibración(m/s <sup>2</sup> )	K(m/s <sup>2</sup> )	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL	t(min) hasta VLA	t(min) hasta VL
DeWalt	D25330K	17,0	2,0	8,31	33,24	2,31	9,26
Hilti	TE 7-C	17,0	2,0	8,31	33,24	2,31	9,26
Bosch	GSH 388	16,5	2,0	8,77	35,06	2,45	9,80
Black&Decker	KD1250K	14,2	2,0	11,43	45,72	3,25	12,98
Makita	HK1820	10,0	1,5	22,68	90,74	6,49	25,96

Fig. 37 Estudio de martillos

Igual que en el caso del taladro percutor, en el caso del martillo también encontramos valores de tiempo límite que dan lugar a una acción del orden de minutos. Así mismo, se trata de una herramienta cuyo uso y operación consume mayor tiempo que en otras como las de corte o perforado del metal.

La suma de todos los períodos de uso de esta herramienta puede superar el tiempo de uso hasta el valor límite que da lugar a una acción, por lo que junto al taladro percutor serán los

dispositivos que tendremos que tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación del riesgo por vibraciones mano-brazo.



#### 5.4.6. Acciones preventivas

La prevención de lesiones o trastornos causados por vibraciones transmitidas a las manos exige la implantación de procedimientos técnicos, médicos y administrativos.

Las medidas administrativas deberían incluir una información y formación adecuadas para enseñar a los operarios que trabajan con maquinaria vibrante a adoptar métodos de trabajo correctos y seguros. Entre otros, se recomienda sujetar las herramientas firmemente pero sin excesiva fuerza en las manos.

Dado que se cree que la exposición continua a las vibraciones aumenta el riesgo por vibración, los horarios de trabajo deberían establecerse incluyendo períodos de descanso. Además del descanso, es recomendable realizar planes de trabajo en los cuales se intercambien las tareas.

Por ejemplo, un obrero no debería ocupar su jornada en el uso del martillo mientras otro simplemente se encarga del desescombro; puesto que las tareas asociadas a las herramientas expuestas en este trabajo no presentan una pronunciada curva de aprendizaje, es recomendable que todos los obreros sean capaces de manejarlas. De esta manera, es posible que los dos obreros mencionados anteriormente alternen sus funciones y se repartan la exposición de las vibraciones para asegurar que en ninguno de los dos se sobrepase el límite.

Las medidas técnicas deberían incluir la elección de herramientas con la mínima vibración y con un diseño ergonómico apropiado durante la renovación de la maquinaria demasiado usada o desgastada. Un desgaste excesivo en los mecanismos pueden producir holguras que aumentarán el nivel de vibración a diferentes frecuencias. Es por ello, que se deberían hacer mediciones de vibración mediante vibrómetros triaxiales de las herramientas de las que se sospecha.

Deberían realizarse reconocimientos médicos previos a la realización del trabajo y exámenes clínicos periódicos subsiguientes de los trabajadores expuestos a vibraciones. Los objetivos de la vigilancia médica son informar al trabajador del riesgo potencial asociado con la exposición a las vibraciones, evaluar el estado de salud y diagnosticar precozmente los trastornos inducidos por las vibraciones. En el primer reconocimiento debería prestarse especial atención a cualquier proceso que pueda agravarse por exposición a las vibraciones (p. ej., tendencia constitucional a enfermedad del dedo blanco, algunas formas del fenómeno secundario de Raynaud, daños anteriores en los miembros superiores, trastornos neurológicos). Después de considerar la severidad de los síntomas y las características del proceso de trabajo en su totalidad, debería decidirse entre evitar o reducir la exposición a las vibraciones del trabajador afectado. El trabajador debería ser informado sobre el uso de ropa adecuada para mantener caliente todo el cuerpo y debería evitar o minimizar el consumo de tabaco y el uso de algunos fármacos que pueden afectar la circulación periférica.

Los guantes antivibración son de reciente creación y son una medida preventiva más a considerar. Son los más completos para amortiguar los múltiples traumas que se producen en manos, muñecas y codos ocasionados por trabajar con máquinas que los movimientos son continuos oscilando de arriba a abajo o de izquierda a derecha obligando a realizar sobre-esfuerzos de desplazamientos y contención.

Con estos guantes se puede mitigar y prevenir la contractura de Dupuytren y el grupo de enfermedades de Quervain como son tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, etc. motivadas generalmente por movimientos continuados durante mucho tiempo.

Sin embargo, la eficacia del uso de guantes para reducir la exposición a las vibraciones transmitidas a la mano no está completamente demostrada. No obstante, en el caso de que sea necesario utilizar guantes antivibraciones en el lugar de trabajo, es aconsejable seleccionar un guante cuya certificación CE esté basada en la norma técnica armonizada UNE-EN 10819:1996.

*EN ISO 10819* ha sido establecida por el Comité Europeo de Normalización (CEN) como respuesta a la creciente demanda para proteger contra los riesgos de daños por vibración de las manos y brazos provocados por la exposición a los riesgos de vibraciones transmitidas por las manos.

La Norma puntualiza como preámbulo que, en el estado actual de conocimiento, los guantes son incapaces de proporcionar una atenuación significativa para las frecuencias de vibración inferiores a 150 Hz.

Determinados guantes pueden inclusivamente aumentar estas frecuencias, pero es importante precisar que mantener la mano caliente y seca son propiedades importantes de un guante y son de gran utilidad en la reducción de determinados efectos inducidos por las vibraciones.

La única medición del factor de transmisión siguiendo la Norma EN ISO 10819 no basta para hacer una valoración de riesgo sanitario originado por las vibraciones.

Es factor de transmisión de vibraciones medido en una superficie de la mano sin protección y sobre la palma del guante antivibración ante una herramienta vibrante.

Los valores de transmisión superior a 1 indican que el guante amplía las vibraciones, los valores inferiores a 0,6 indican que el guante aligera las vibraciones.

Los ensayos se realizan para frecuencias que van desde 31,5 Hz a 1250 Hz representativas de las herramientas vibrantes más corrientes:

1. Espectro de frecuencias medias: 31,5 a 200 Hz.
2. Espectro de frecuencias altas: 200 a 1250 Hz.

Para estar en conformidad con la Norma EN ISO 10819, es preciso que:

1. La transmisión en medias frecuencias:  $TR_m$  sea  $< 1$ .
2. La transmisión en altas frecuencias:  $TR_h$  sea  $< 0,6$ .



Fig. 38 Pictograma EN ISO 10819



## 6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se ha pretendido dar una idea global del nivel de vibraciones que las herramientas del mercado en el ámbito de la construcción pueden producir.

Si bien la normativa permite el uso de los datos ofrecidos por el fabricante, numerosos factores influyen en el nivel vibratorio de una herramienta: material para el que se utiliza, accesorios que se aplican, estado de uso de los dispositivos...

Se ha comprobado además que en la mayor parte de las operaciones el riesgo no es grave: uso de amoladoras y taladro en metal... Mientras que debe seguir seguido con precaución en el caso del taladro en modo percutor y el martillo eléctrico, herramientas cuya operación produce la oscilación en un mismo eje de una masa a una velocidad importante.

Es por todo esto recomendable que en un estudio de un caso real sería conveniente disponer de un vibrómetro triaxial y realizar diversas mediciones en la variedad de operaciones que se realicen con cada herramienta. Además en dicho estudio debería constar un extenso seguimiento de los tiempos dedicados a cada operación para estimar la exposición a las vibraciones.

Con esos datos se podría confeccionar un adecuado plan de rotación de tareas y poder preverlo antes de la realización de los trabajos en obra.

Una posible ampliación de este trabajo, cuyo alcance sería mayor al actualmente solicitado y confeccionado, sería interesante realizar una medición real de herramientas con diferente estado de uso. Posteriormente la presentación de los datos contrastaría el aumento de vibraciones según lo indicado por el fabricante y el valor real tras la degradación de la herramienta.



## 7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfonso Mellado Carlos L , Salcedo Beltran Carmen, Rosat Aced Ignacio,coordinadores. Pedro R. Gil Monte, M<sup>a</sup> Carmen Salcedo Beltrán, José Ignacio Rosat Aced, Juan José Agún González, Manuel Carlos Barba Morán, Federico Estardid Colom, *et al.* Prevención de Riesgos Laborales Instrumentos de Aplicación.3<sup>a</sup> Edición.Editorial Tirant LoBlanch;2012
2. Neil R. Carlson. *Fundamentos de psicología fisiológica*.3<sup>a</sup> edición.Pearson –Prentice Hall;1997.
3. Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (INHST).VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo.;2009
4. Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas («BOE» núm. 246, de 11 de octubre de 2008); Anexo I
5. Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el 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. 73, de 26 de marzo de 2009)
6. 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 de 2005)
7. Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (INHST).NTP-792 INSHT. Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación.;2008
8. Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (INHST).Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas;2008