



Vibraciones: Aplicación práctica del método de puntos de exposición a puestos de trabajo variables

Vibrations: Practical application of the exposure points system to variable job positions
Vibrations: Application pratique de la méthode de points d'exposition à des postes de travail variables

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Rafael Sánchez-Guardamino Elorriaga

Melissa Martínez Gil

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA.
INSST.

En el momento de evaluar el riesgo de exposición a vibraciones mecánicas mediante el cálculo del A(8), en ocasiones, los técnicos de prevención se encuentran con la dificultad de encontrar una jornada tipo que represente la exposición real del trabajador. En particular en puestos de trabajos variables, en los que las tareas, las máquinas utilizadas y las duraciones de las exposiciones varían de una jornada a otra, sin seguir un patrón fijo, resultando prácticamente imposible determinar los tiempos de exposición de los trabajadores. Esta Nota Técnica, que se limita a las vibraciones mano-brazo, propone una respuesta a esta problemática aplicando el método de puntos de exposición a un puesto de trabajo variable: puesto de mantenimiento.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En primer lugar, es conveniente tener presentes las nociones básicas de la evaluación de riesgos de la exposición de los trabajadores a las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo. A continuación, se comentan someramente cuatro aspectos importantes, que son tratados con mayor profundidad en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas, elaborada por el INSST, y en la Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo):

- Los valores de referencia establecidos del Real Decreto 1311/2005.
- La evaluación del riesgo mediante el cálculo de la aceleración eficaz equivalente diaria referida a un período de 8 horas, A(8).
- La evaluación del riesgo mediante el método de puntos de exposición.
- La ampliación del período de referencia a 40 horas semanales.

Valores de referencia del Real Decreto 1311/2005

Los valores de referencia para la vibración transmitida al sistema mano-brazo, establecidos en el artículo 3 del 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, son:

- Valor de exposición que da lugar a una acción, o nivel de acción: 2,5 m/s²
- Valor límite de exposición diaria: 5 m/s²

Ambos valores están referidos a un período de 8 horas. El valor límite de exposición es aquel que no debe supe-

rarse en ningún caso. Si ello ocurriese, a pesar de que el empresario hubiese adoptado las medidas necesarias para minimizar la exposición a vibraciones, se deberían tomar medidas inmediatas para reducir la exposición a niveles por debajo de dicho valor límite. Así mismo, se deberían determinar las causas por las que se ha superado el valor límite de exposición y modificar consecuentemente las medidas preventivas y de protección para evitar que se vuelva a sobrepasar.

Evaluación del riesgo mediante el cálculo de A(8)

El valor de A(8) se determina en función de dos variables:

- **La aceleración eficaz de la vibración** (a_{hv}), que representa la intensidad de la exposición.
- **El tiempo de exposición del trabajador**, T_{exp} , que representa la duración de la exposición.

La ecuación (1) relaciona el A(8) con estas dos variables:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_{exp}}{8 h}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

La expresión de la ecuación (1) es la que corresponde a la exposición a una única fuente que transmite una vibración de intensidad, a_{hv} , durante un tiempo, T_{exp} . Sin embargo, habitualmente, el trabajador no está expuesto a un único nivel de vibraciones durante su jornada laboral, sino que usa distintas máquinas que le transmiten diferentes aceleraciones eficaces, a_{hvi} , durante sus correspondientes tiempos de utilización, $T_{exp,i}$. El valor de

A(8) resultante de la exposición a “n” fuentes se calcula según la ecuación (2):

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n a_{hv,i}^2 \times T_{exp,i}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

que también se expresa según la ecuación (3), donde $A_i(8)$ es la contribución de la fuente i al A (8) total, que se calcula como la suma cuadrática de los “n” $A_i(8)$.

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2(8)} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Este valor de A(8) es el que, precisamente, se compara con los valores de referencia citados. Se pueden dar estas 3 situaciones, que se representan en la figura 1:

- Que el valor A(8) sea menor que el valor que da lugar a una acción (N. Acción), en cuyo caso la situación es aceptable;
- que esté entre 2,5 y 5 m/s², y, por tanto, resultaría situación de riesgo; o bien
- que el A(8) supere el valor límite (V. Límite), 5 m/s²; la situación sería intolerable.

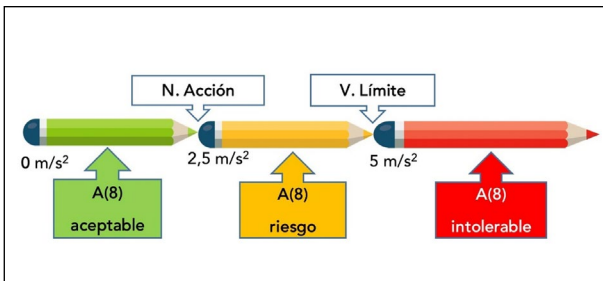


Figura 1. Evaluación del riesgo como resultado de la comparación del A (8) con los valores de referencia del apartado 1.1

Dependiendo de la situación en que se encuentre nuestro A(8), el empresario adoptará unas medidas u otras.

Evaluación del riesgo mediante el método de puntos de exposición

El método de puntos de exposición consiste en expresar la exposición a vibraciones como la razón del A(8) respecto al nivel de acción y, por tanto, se trata de la relación de cuantas veces el A(8) es el nivel de acción, de forma que, para una aceleración eficaz dada, $a_{hv,eq}$, los puntos de exposición son función lineal del tiempo, transformando la función parabólica del A(8), $A(8) = f(\sqrt{T})$, en una recta, $P_E = f(T)$.

Los puntos de exposición se calculan conforme a la ecuación (4):

$$P_E = \left(\frac{a_{hv,eq}}{2,5 \text{ m/s}^2} \right)^2 \frac{T_{exp}}{8 h} \quad \text{Ecuación (4)}$$

donde $a_{hv,eq}^2 \frac{T_{exp}}{8 h} = A^2(8)$; y 2,5 m/s² es el nivel de acción, NA. Por tanto, la ecuación (4) puede expresarse como la ecuación (4’).

$$P_E = \left(\frac{A(8)}{NA} \right)^2 \quad \text{Ecuación (4')}$$

Para varias fuentes, los puntos de exposición totales son la suma aritmética de los puntos de exposición de cada una de las fuentes, tal como se muestra en la ecuación (5)

$$P_E = \sum_{i=1}^n P_{Ei} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Conforme a la ecuación (4’) se obtiene la equivalencia de los puntos de exposición para cuando A(8) se iguala a los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1311/2005 tal como se recoge en la tabla 1.

| Descripción del valor de referencia | A (8) | Puntos de Exposición (P _E) |
|--------------------------------------|----------------------|--|
| Valor que da lugar a una acción (NA) | 2,5 m/s ² | 100 puntos |
| Valor límite de exposición | 5 m/s ² | 400 puntos |

Tabla 1. Equivalencia de valores de referencia entre A(8) y P_E

Análogamente, si los puntos de exposición son menos que 100, la situación es aceptable; si está entre 100 y 400, la situación es de riesgo; y, si se supera el nivel de 400 puntos de exposición, que equivale a un A(8) mayor que 5 m/s², la situación es intolerable (de color rojo) (figura 2).

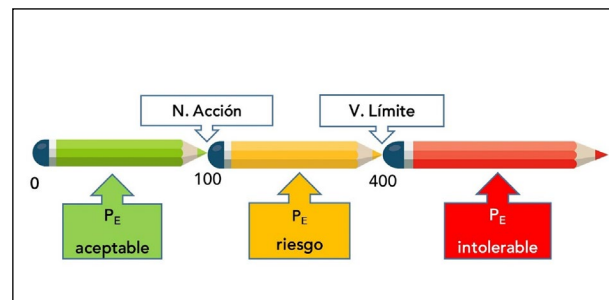


Figura 2. Evaluación del riesgo como resultado de la comparación de los P_E con los valores de referencia de la tabla 1.

La ecuación (3) para el cálculo de los puntos de exposición se puede tabular tal como muestra la tabla 2.

Se observa que en las filas aparecen las aceleraciones eficaces y en las columnas, los tiempos de exposición. Para cada par de valores (aceleración eficaz y tiempo de exposición) se obtienen los puntos que se indican en cada celda.

La parte superior derecha, sombreada en rojo, corresponde a una situación intolerable; la zona intermedia, sombreada en amarillo, corresponde a una situación de riesgo, entre 100 y 400, y la zona en verde representa una situación aceptable, por debajo de 100 puntos.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| aceleración eficaz, a _{hv} | 20 | 67 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 6400 | 8000 |
| | 19,5 | 63 | 190 | 380 | 761 | 1521 | 2282 | 3042 | 3803 | 4563 | 6084 | 7605 |
| | 19 | 60 | 181 | 361 | 722 | 1444 | 2166 | 2888 | 3610 | 4332 | 5776 | 7220 |
| | 18,5 | 57 | 171 | 342 | 685 | 1369 | 2054 | 2738 | 3423 | 4107 | 5476 | 6845 |
| | 18 | 54 | 162 | 324 | 648 | 1296 | 1944 | 2592 | 3240 | 3888 | 5184 | 6480 |
| | 17,5 | 51 | 153 | 306 | 613 | 1225 | 1838 | 2450 | 3063 | 3675 | 4900 | 6125 |
| | 17 | 48 | 145 | 289 | 578 | 1156 | 1734 | 2312 | 2890 | 3468 | 4624 | 5780 |
| | 16,5 | 45 | 136 | 272 | 545 | 1089 | 1634 | 2178 | 2723 | 3267 | 4356 | 5445 |
| | 16 | 43 | 128 | 256 | 512 | 1024 | 1536 | 2048 | 2560 | 3072 | 4096 | 5120 |
| | 15,5 | 40 | 120 | 240 | 481 | 961 | 1442 | 1922 | 2403 | 2883 | 3844 | 4805 |
| | 15 | 38 | 113 | 225 | 450 | 900 | 1350 | 1800 | 2250 | 2700 | 3600 | 4500 |
| | 14,5 | 35 | 105 | 210 | 421 | 841 | 1262 | 1682 | 2103 | 2523 | 3364 | 4205 |
| | 14 | 33 | 98 | 196 | 392 | 784 | 1176 | 1568 | 1960 | 2352 | 3136 | 3920 |
| | 13,5 | 30 | 91 | 182 | 365 | 729 | 1094 | 1458 | 1823 | 2187 | 2916 | 3645 |
| | 13 | 28 | 85 | 169 | 338 | 676 | 1014 | 1352 | 1690 | 2028 | 2704 | 3380 |
| | 12,5 | 26 | 78 | 156 | 313 | 625 | 938 | 1250 | 1563 | 1875 | 2500 | 3125 |
| | 12 | 24 | 72 | 144 | 288 | 576 | 864 | 1152 | 1440 | 1728 | 2304 | 2880 |
| | 11,5 | 22 | 66 | 132 | 265 | 529 | 794 | 1058 | 1323 | 1587 | 2116 | 2645 |
| | 11 | 20 | 61 | 121 | 242 | 484 | 726 | 968 | 1210 | 1452 | 1936 | 2420 |
| | 10,5 | 18 | 55 | 110 | 221 | 441 | 662 | 882 | 1103 | 1323 | 1764 | 2205 |
| 10 | 17 | 50 | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1600 | 2000 | |
| 9,5 | 15 | 45 | 90 | 181 | 361 | 542 | 722 | 903 | 1083 | 1444 | 1805 | |
| 9 | 14 | 41 | 81 | 162 | 324 | 486 | 648 | 810 | 972 | 1296 | 1620 | |
| 8,5 | 12 | 36 | 72 | 145 | 289 | 434 | 578 | 723 | 867 | 1156 | 1445 | |
| 8 | 11 | 32 | 64 | 128 | 256 | 384 | 512 | 640 | 768 | 1024 | 1280 | |
| 7,5 | 9 | 28 | 56 | 113 | 225 | 338 | 450 | 563 | 675 | 900 | 1125 | |
| 7 | 8 | 25 | 49 | 98 | 196 | 294 | 392 | 490 | 588 | 784 | 980 | |
| 6,5 | 7 | 21 | 42 | 85 | 169 | 254 | 338 | 423 | 507 | 676 | 845 | |
| 6 | 6 | 18 | 36 | 72 | 144 | 216 | 288 | 360 | 432 | 576 | 720 | |
| 5,5 | 5 | 15 | 30 | 61 | 121 | 182 | 242 | 303 | 363 | 484 | 605 | |
| 5 | 4 | 13 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | |
| 4,5 | 3 | 10 | 20 | 41 | 81 | 122 | 162 | 203 | 243 | 324 | 405 | |
| 4 | 3 | 8 | 16 | 32 | 64 | 96 | 128 | 160 | 192 | 256 | 320 | |
| 3,5 | 2 | 6 | 12 | 25 | 49 | 74 | 98 | 123 | 147 | 196 | 245 | |
| 3 | 2 | 5 | 9 | 18 | 36 | 54 | 72 | 90 | 108 | 144 | 180 | |
| 2,5 | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 | 75 | 100 | 125 | |
| | | 5 m | 15 m | 30 m | 1 hr | 2 hr | 3 hr | 4 hr | 5 hr | 6 hr | 8 hr | 10 hr |
| | | Tiempo de exposición, T _{exp} | | | | | | | | | | |

Tabla 2. Tabla de puntos de exposición (Guía europea no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE de vibraciones en el trabajo).

Ampliación del período de referencia a 40 horas semanales

El Real Decreto 1311/2005 prevé la posibilidad de ampliar el período de referencia a 40 horas semanales, en lugar de 8 horas diarias, cuando se den las siguientes circunstancias:

- Que en alguna de las jornadas de la semana se supere el valor límite de exposición, es decir, 5 m/s² para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- Que en la mayoría del resto de jornadas de la semana el valor equivalente diario de vibración sea inferior al valor de exposición que da lugar a una acción, es decir, 2,5 m/s² para la vibración mano-brazo, de forma que asegure que el valor equivalente semanal promediado por día, llamada también A(8) típica, no excede el valor límite.

Si no concurriera la primera circunstancia, no sería necesario ampliar el período de referencia, ya que en ninguna jornada de la semana se superaría el valor límite de exposición. Solo en el caso de que en alguna jornada se superase el valor límite, se necesitaría ampliar el período de referencia a una semana.

Sin embargo, solo podrá recurrirse a este método si concurre la segunda circunstancia. Y ello se puede conseguir si para el resto de días de la semana los valores de

A(8) son lo suficientemente bajos como para compensar el elevado valor de A(8) del día en el que se excede el valor límite.

De acuerdo con lo anterior, se calcula el valor equivalente promedio semanal, A_{típica}(8), mediante la ecuación (6):

$$A_{típica}(8) = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{d=1}^5 A_d^2(8)} \quad \text{Ecuación (6)}$$

donde:

A_d(8) es el valor equivalente diario de vibración del día d; y

A_{típica}(8) es el valor equivalente semanal promediado por día.

En algunos puestos de trabajo, el tiempo de utilización de máquinas portátiles o guiadas a mano cambia significativamente de un día a otro, como ocurre, por ejemplo, en puestos de mantenimiento, en el sector de la Construcción, o en industrias de calderería con puestos no especializados, en los que es difícil emplear la observación de un solo día de trabajo para obtener un tiempo diario típico que represente la exposición real del trabajador. En estos casos, suele ser interesante ampliar el período de observación a una semana, siempre que se pueda definir

un tiempo semanal típico de exposición o incluso varias semanas tipo, con sus respectivos tiempos típicos. El Real Decreto 1311/2005 no permite ampliaciones del tiempo de referencia superiores a una semana.

También puede ser de utilidad este método para máquinas portátiles o guiadas a mano que transmitan una magnitud de vibración tan elevada que, en unos pocos minutos de utilización de la misma, el valor equivalente diario de vibración exceda el valor límite, como ocurre con remachadoras, que pueden transmitir aceleraciones superiores a 40 m/s², lijadoras o sierras sable, con aceleraciones alrededor de 20 m/s².

Por el método de puntos de exposición, se pueden calcular los puntos típicos de exposición para un período de referencia semanal, 40 horas, utilizando la ecuación (7), que es precisamente el promedio de los puntos de exposición diarios.

$$P_{Etípica} = \frac{1}{5} \times \sum_{d=1}^5 P_{Ed} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Se puede demostrar fácilmente que la ecuación (7) se obtiene de sustituir el A(8) de la ecuación (4') en la ecuación (6).

2. MÉTODO DE PUNTOS DE EXPOSICIÓN. CASO PRÁCTICO

A fin de ilustrar la aplicación del método de puntos de exposición a un puesto de trabajo variable, esta NTP desarrolla un caso práctico utilizando un puesto de mantenimiento por las características propias del puesto.

La diversidad de tareas realizadas y de equipos de trabajo utilizados, incluyendo herramientas portátiles o guiadas a mano, la imprevisibilidad y la urgencia de las intervenciones de mantenimiento correctivo, etc. implican una dificultad, a menudo insalvable, a la hora de determinar una jornada tipo que permita estimar unos tiempos de exposición que sean representativos de la exposición real del trabajador a vibraciones mecánicas.

Como ya se ha visto, para calcular el A(8) total, la exposición equivalente diaria a vibraciones, es necesario conocer o estimar la duración de la exposición diaria para cada fuente de vibraciones o, mejor dicho, para cada intensidad de vibración a la que está expuesto el trabajador. Una misma herramienta puede transmitir distintas intensidades según el uso que se le esté dando. Un taladro usado para agujerear madera transmite una vibración distinta a la que se produce si se utiliza para taladrar hormigón. Además, el tiempo de utilización de cada una de las máquinas y equipos utilizados varía de un día a otro y, por tanto, también el tiempo de exposición efectivo a vibraciones.

Caso práctico 1. Control de la exposición diaria utilizando el método de puntos de exposición

Un trabajador de mantenimiento dispone de varias máquinas portátiles que transmiten vibraciones al sistema mano-brazo, cuyas condiciones de uso adapta al tipo de tarea que vaya a realizar.

Una de sus máquinas, el taladro A, tiene dos usos diferentes: a) para taladrar hierro con broca de 6mm y b) para taladrar hormigón con percutor y broca de 6mm. Al hacer

las mediciones, se obtienen resultados muy diferentes, 3,0 y 14,5 m/s², respectivamente, como se indica en la tabla 3. Esta diferencia es coherente con la mayor dureza del hormigón y el efecto del modo de empleo con percutor.

Además, dispone de otro taladro para madera, una sierra caladora, una amoladora y una sierra sable, que utiliza muy ocasionalmente para marcos de ventanas. El técnico de prevención ha realizado mediciones de las aceleraciones eficaces de cada una de las máquinas y para cada uso de las mismas, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

| Nº tarea | Máquina | Modo de empleo | a_{hv} (m/s ²) | $T_{\max} \rightarrow A(8) < VL$ |
|----------|-------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Taladro A | Taladrando hierro. Broca 6 mm | 3,0 | 22,2 h |
| 2 | Taladro A | Taladrando hormigón con percutor Broca 6 mm | 14,5 | 5,5 h |
| 3 | Taladro B | Taladrando madera. Broca 10 mm | 6,0 | 5,5 h |
| 4 | Sierra caladora A | Cortando contrachapado sin balanceo | 4,0 | 12,5 h |
| 5 | Amoladora A | Desbastando | 3,0 | 22,2 h |
| 6 | Amoladora A | Lijando | 3,5 | 16,3 h |
| 7 | Sierra sable A | Cortando marcos de ventanas | 20,0 | 0,5 h |

Tabla 3. Resultados de aceleraciones eficaces por máquina y uso; en la última columna, tiempo necesario para alcanzar el valor límite de exposición para la correspondiente a_{hv} .

Por otra parte, en la última columna de la tabla 3 se indica el tiempo de exposición a los respectivos niveles de aceleración necesario para alcanzar el valor límite 5 m/s², mediante la ecuación (1') que viene de despejar T_{exp} de la ecuación (1) y sustituir el A(8) por el valor límite:

$$T_{exp}(A(8) = VL) = \left[\frac{A(8)}{a_{hv}} \right]^2 \times 8 h = \left[\frac{5 \text{ m/s}^2}{a_{hv}} \right]^2 \times 8 h \quad \text{Ecuación (1')}$$

Muchas evaluaciones de riesgo terminan con el cálculo del tiempo necesario para alcanzar el valor límite. Sin embargo, este método no sirve en caso de usar varias máquinas, como ocurre en este caso práctico. Dado que el trabajador indica que hay días que utiliza una sola máquina, otros días no usa ninguna, pero la mayoría de las veces trabaja con varias máquinas cuyos tiempos de utilización varían según necesidad, le resulta prácticamente imposible al Técnico de prevención estimar unos tiempos de exposición por tareas que sean representativos de una jornada tipo, que no existe.

La aplicación del método de puntos de exposición a puestos de trabajo variables, propuesta en esta NTP, puede ser válido para determinadas situaciones en las que el trabajador tiene autonomía para organizar su trabajo diario y alternar tareas con exposición a vibraciones y tareas sin exposición. Dicho método se desarrolla en tres pasos, que se detallan a continuación y que implican al técnico de prevención, encargado y trabajador, respectivamente.

Paso 1- ‘Técnico de prevención’: Confección de la tabla de puntos de exposición y difusión del método.

El técnico de prevención confecciona su propia tabla a partir de la tabla de puntos de exposición de la guía europea sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (véase tabla 2) y del trabajo de campo de su evaluación de riesgos a las vibraciones mecánicas (véase tabla 3). De esta forma, sustituye en las filas las aceleraciones de sus tareas por el nombre de la tarea. Por ejemplo: taladro A sobre hormigón con broca 6 mm sustituye a su aceleración 14,5 m/s², quedando tal como se indica en la tabla 4.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Sierra sable | 67 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 |
| 19,5 | 63 | 190 | 380 | 761 | 1521 | 2282 | 3042 | 3881 |
| 15 | 38 | 113 | 225 | 450 | 900 | 1350 | 1800 | 2250 |
| Taladro A / hormigón / 6mm | 35 | 105 | 210 | 421 | 841 | 1262 | 1682 | 2111 |
| 14 | 33 | 98 | 196 | 392 | 784 | 1176 | 1568 | 1991 |
| 6,5 | 7 | 21 | 42 | 85 | 169 | 254 | 338 | 431 |
| Taladro B / madera / 10mm | 6 | 18 | 36 | 72 | 144 | 216 | 288 | 368 |
| 5,5 | 5 | 15 | 30 | 61 | 121 | 182 | 242 | 305 |
| 4,5 | 3 | 10 | 20 | 41 | 81 | 122 | 162 | 205 |
| Sierra Caladora A (contrachap) | 3 | 8 | 16 | 32 | 64 | 96 | 128 | 162 |
| Amoladora A / lijado | 2 | 6 | 12 | 25 | 49 | 74 | 98 | 125 |
| Taladro A / hierro / 6mm | 2 | 5 | 9 | 18 | 36 | 54 | 72 | 91 |
| Amoladora A / desbastado | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| 2,5 | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| | 5 m | 15 m | 30 m | 1 hr | 2 hr | 3 hr | 4 hr | 5 hr |

Tabla 4. Extracto de la tabla de puntos de exposición confeccionada por el técnico de prevención

El técnico de prevención proporciona “su tabla” (véase tabla 4) al trabajador y al encargado, explicando su manejo, de forma que, entrando por la máquina que van a utilizar y modo de uso en la fila precedente, y por el tiempo que la van a utilizar en la columna que proceda, podrán leer los puntos de exposición correspondientes.

Paso 2 - ‘Encargado’: Planificación de la jornada del día siguiente y previsión de los puntos de exposición totales.

El encargado hace la planificación para el día siguiente. El trabajador realizará previsiblemente las tareas indicadas en la tabla 5 para las que utilizará tres herramientas que implican exposición a vibraciones mecánicas durante los tiempos previstos que figuran en dicha tabla.

| PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES PARA LA SIGUIENTE JORNADA | |
|--|---------------------------|
| TAREA CON EXPOSICIÓN A VIBRACIONES | T _{PREVISTO} (h) |
| Taladro A / hormigón / Broca 6 mm | 0,25 (15') |
| Sierra calar A/contrachapado | 2,0 |
| Taladro B / madera / Broca 10 mm | 2,0 |

Tabla 5. Tareas planificadas por el encargado para la siguiente jornada

A partir de la tabla confeccionada por el técnico de prevención, el encargado obtiene los puntos de exposición de cada operación entrando por tarea y por tiempo previsto de exposición, tal como se muestra en la tabla 6.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Sierra sable | 67 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 |
| 19,5 | 63 | 190 | 380 | 761 | 1521 | 2282 | 3042 | 3881 |
| 15 | 38 | 113 | 225 | 450 | 900 | 1350 | 1800 | 2250 |
| Taladro A / hormigón / 6mm | 35 | 105 | 210 | 421 | 841 | 1262 | 1682 | 2111 |
| 14 | 33 | 98 | 196 | 392 | 784 | 1176 | 1568 | 1991 |
| 6,5 | 7 | 21 | 42 | 85 | 169 | 254 | 338 | 431 |
| Taladro B / madera / 10mm | 6 | 18 | 36 | 72 | 144 | 216 | 288 | 368 |
| 5,5 | 5 | 15 | 30 | 61 | 121 | 182 | 242 | 305 |
| 4,5 | 3 | 10 | 20 | 41 | 81 | 122 | 162 | 205 |
| Sierra Caladora A (contrachap) | 3 | 8 | 16 | 32 | 64 | 96 | 128 | 162 |
| Amoladora A / lijado | 2 | 6 | 12 | 25 | 49 | 74 | 98 | 125 |
| Taladro A / hierro / 6mm | 2 | 5 | 9 | 18 | 36 | 54 | 72 | 91 |
| Amoladora A / desbastado | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| 2,5 | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| | 5 m | 15 m | 30 m | 1 hr | 2 hr | 3 hr | 4 hr | 5 hr |

Tabla 6. Lectura de los puntos de exposición previstos por tarea

De esta forma se obtienen los puntos parciales de exposición:

$$P_{E \text{ previstos, taladro A, hormigón y 6 mm}} = 105$$

$$P_{E \text{ previstos, taladro B, madera y 10 mm}} = 144$$

$$P_{E \text{ previstos, sierra de calar y contrachapado}} = 64$$

Este método permite, de una forma sencilla, calcular los puntos totales de exposición que resultan de la combinación de las tres tareas. Se trata de una ordinaria suma aritmética de los puntos de exposición correspondientes a cada tarea, conforme a la ecuación (5), $P_{E, \text{Totales previstos}} = 313$.

Dado que $P_{E, \text{Totales}}$ está entre 100 y 400 puntos de exposición, se considera **situación de riesgo**.

Paso 3 - ‘Trabajador’: Ejecución de la planificación y seguimiento de los puntos reales de exposición.

Al día siguiente, el trabajador realiza las tareas encomendadas, haciendo seguimiento de los puntos de exposición a medida que va ejecutando el trabajo, mediante el control de los tiempos realmente empleados. En la tarea con taladro A sobre hormigón y broca de 6 mm, emplea 30 minutos, en lugar de los 15 minutos previstos. Mientras que en las otras dos tareas tarda las dos horas previstas en cada una de ellas.

Al llevar estos datos a la tabla proporcionada por el Técnico de Prevención, el trabajador puede leer que los puntos de exposición de la primera tarea ya no son los 105 previstos, sino que son 210, al emplear más tiempo del previsto, tal como se muestra en la tabla 7, mientras que en las otras dos tareas tarda el tiempo previsto.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Sierra sable | 67 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 |
| 19,5 | 63 | 190 | 380 | 761 | 1521 | 2282 | 3042 | 3881 |
| 15 | 38 | 113 | 225 | 450 | 900 | 1350 | 1800 | 2250 |
| Taladro A / hormigón / 6mm | 35 | 105 | 210 | 421 | 841 | 1262 | 1682 | 2111 |
| 14 | 33 | 98 | 196 | 392 | 784 | 1176 | 1568 | 1991 |
| 6,5 | 7 | 21 | 42 | 85 | 169 | 254 | 338 | 431 |
| Taladro B / madera / 10mm | 6 | 18 | 36 | 72 | 144 | 216 | 288 | 368 |
| 5,5 | 5 | 15 | 30 | 61 | 121 | 182 | 242 | 305 |
| 4,5 | 3 | 10 | 20 | 41 | 81 | 122 | 162 | 205 |
| Sierra Caladora A (contrachap) | 3 | 8 | 16 | 32 | 64 | 96 | 128 | 162 |
| Amoladora A / lijado | 2 | 6 | 12 | 25 | 49 | 74 | 98 | 125 |
| Taladro A / hierro / 6mm | 2 | 5 | 9 | 18 | 36 | 54 | 72 | 91 |
| Amoladora A / desbastado | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| 2,5 | 1 | 3 | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 63 |
| | 5 m | 15 m | 30 m | 1 hr | 2 hr | 3 hr | 4 hr | 5 hr |

Tabla 7. Seguimiento de los puntos a los que realmente está expuesto el trabajador durante su jornada

Leyendo de la tabla 7, el trabajador obtiene los puntos de exposición indicados en la tabla 8 y, conforme a la ecuación (5), calcula los puntos de exposición totales a los que está expuesto efectivamente esa misma jornada.

| TRABAJADOR | SEGUIMIENTO DE OPERACIONES EN LA JORNADA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
| | TAREA CON EXPOSICIÓN A VIBRACIONES | T _{REAL} (h) | P _{E, TAREA} |
| | Taladro A / hormigón / Broca 6 mm | 0,50 (30') | 210 |
| | Sierra calar A/contrachapado | 2,0 | 144 |
| Taladro B / madera / Broca 10 mm | 2,0 | 64 | |
| | | $\sum P_{Ei} =$ | 418 |

Tabla 8. Resultados de puntos de exposición reales en la jornada de ejecución de los trabajos

Dado que $P_{E, Totales} = 418$, y supera los 400 puntos de exposición, **la situación es intolerable**.

El trabajador, a medida que va avanzando en la ejecución de sus tareas, y teniendo en cuenta los tiempos empleados, puede hacer seguimiento de los puntos de exposición que va sumando. En caso de disponer de autonomía en la organización de las tareas, por ejemplo, si pudiera rotar con un compañero o posponer para el día siguiente una tarea con exposición a vibraciones y sustituirla por otra que no transmita vibración, podría controlar que los puntos totales de exposición diaria no excedieran de 400.

Una solución podría ser que, al darse cuenta de que la tarea 1 - taladro A / hormigón / Br 6mm - le ha llevado el doble de tiempo del previsto, pidiera ayuda a un compañero para realizar la tarea 2 - sierra de calar A / contrachapado -. Si lo hiciesen en la mitad de tiempo, los puntos de exposición de esa tarea se reducirían a 72, con lo que los $P_{E, Totales}$ se reducirían a 346, en cuyo caso la situación dejaría de ser intolerable, pasando a ser situación de riesgo.

Otra alternativa sería acortar la duración de la segunda tarea, 'sierra de calar A cortando contrachapado', por ejemplo, reduciendo el número de cortes en caso de poder optimizar retales o, si fuera posible, dejando pendiente parte de la tarea para un día con baja exposición a vibraciones. De esta forma, si el trabajador lograra realizar la tarea en 15 minutos menos que el tiempo previsto, es decir, una reducción de 1/8 del tiempo, los 144 puntos de exposición se reducirían en la misma proporción y, por tanto, el resultado sería 126 puntos. Los puntos totales de exposición disminuirían a 400, pasando a ser situación de riesgo. No obstante, al coincidir con el valor límite de exposición, una pequeña variación en las condiciones podría suponer la superación del valor límite de exposición.

Caso práctico 2. Superación del valor de 400. Ampliación del período de referencia a 40 horas semanales

El encargado del caso práctico 1 trata de planificar para el martes de la semana siguiente la colocación de unas ventanas nuevas, que requerirá la preparación de los marcos. Para ello, el mismo trabajador del caso 1 utilizará la sierra sable A, que utiliza ocasionalmente. Por necesidades productivas, el trabajador debe preparar los marcos ese mismo día, y el encargado prevé que el uso efectivo de la

sierra sable le llevará casi hora y media. Atendiendo a la tabla de puntos de exposición confeccionada por el técnico de prevención (tabla 4), comprueba que los puntos de exposición correspondientes son 1200 (los puntos intermedios entre 800 y 1600, que corresponde a 1 y 2 horas, respectivamente) y, por tanto, el trabajador va a estar expuesto a una situación intolerable. Ante esta situación, el encargado acude al técnico de prevención, quien propone la posibilidad de ampliar el período de referencia a 40 horas, cumpliendo las condiciones que establece el Real Decreto 1311/2005, a estos efectos.

Para cumplir que los puntos típicos de exposición para un período de referencia semanal no excedan del límite de 400, el técnico de prevención define la semana tipo "sierra sable", en la que habrá un día en el que se programará el uso de la sierra sable durante 1,5 horas, y el resto de días de la semana se programarán tareas con baja exposición a vibraciones, de forma que la mayoría de los 4 días restantes no tengan una contribución superior a 100 puntos de exposición al cómputo semanal.

El encargado planifica para la siguiente semana, como semana tipo "sierra sable", las tareas con sus tiempos de exposición previstos:

- Lunes y miércoles no va a utilizar ninguna máquina que transmita vibración mano-brazo.
- El martes utilizará la sierra sable durante 1,5 horas.
- El jueves utilizará el taladro B para taladrar madera con broca de 10mm y la sierra caladora A para cortar contrachapado, y el tiempo previsto es de dos horas por cada tarea.
- El viernes utilizará la amoladora A para desbastado durante 4 horas.

En la tabla 9 se indican los puntos de exposición diarios leídos de la tabla 4. Extracto de la tabla de puntos de exposición confeccionada por el técnico de prevención.

| DÍA | TAREAS | T _{PREVISTO} (h) | P _{E, TAREA} | P _{Ed} |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| Lunes | Tareas sin exposición a vibraciones | | 0 | 0 |
| Martes | Sierra sable A | 1,5 | 1200 | 1200 |
| Miércoles | Tareas sin exposición a vibraciones | | 0 | 0 |
| Jueves | Sierra calar A/contrachapado | 2,0 | 144 | 208 |
| | Taladro B / madera / Broca 10 mm | 2,0 | 64 | |
| Viernes | Amoladora A para desbastado | 4,0 | 72 | 72 |

Tabla 9. Planificación de las tareas

Mediante la ecuación (7) se calculan los puntos típicos de exposición de la semana tipo "sierra sable" y se obtiene:

$$P_{E típica} = \frac{1}{5} \times \sum_{d=1}^5 P_{Ed} = \frac{0 + 1200 + 0 + 208 + 72}{5} = 296$$

Dado que $P_{E típica}$ es menor que 400, la situación es de riesgo, aunque el martes se vaya a exceder el valor límite de exposición diaria.

Este segundo caso muestra la posibilidad de que se puedan definir varios tipos de semanas. Por ejemplo: en aquellas semanas en las que uno de los días se exceda el valor límite de exposición debido al uso de máquinas con alta vibración, la empresa pueda condicionar la planificación de las tareas del resto de días de la semana, programando tareas de baja vibración. Otro tipo de semana sería aquella en la que todos los días se programan tareas que implican herramientas con una aceleración intermedia, resultando que en ninguna jornada laboral se exceda el valor límite.

3. CONCLUSIONES

El método propuesto en esta NTP, como aplicación del método de puntos de exposición a un puesto de trabajo variable, aparte de solucionar el problema de la dificultad de determinar un tiempo típico de exposición para el cálculo de un A(8) que sea representativo de la exposición real del trabajador, aporta el valor añadido de evaluar el riesgo por exposición a vibraciones mecánicas de una forma continua que recoge las circunstancias *ad-hoc* del día a día. Este procedimiento se basa en utilizar la propia evaluación del riesgo como medida de control que permite garantizar que en ninguna jornada laboral se va

a superar el valor límite de exposición diaria. Es decir: este sistema de evaluación-control sustituye el clásico parámetro 'probabilidad' de la evaluación de riesgos por el concepto de 'certeza' de que no se va a superar el valor límite ningún día.

En los casos prácticos planteados en esta NTP se pueden destacar las siguientes ventajas que obtiene cada uno de los intervinientes:

- El técnico de prevención soslaya el problema de determinar un tiempo representativo de la exposición.
- Al encargado le permite planificar las tareas de manera individualizada en función de las destrezas y habilidades del trabajador, a efectos de evitar que esté sobreexposto.
- El trabajador tiene la certeza de que en ninguna jornada o, en su caso, en ninguna semana tipo "sierra sable" se va a superar el valor límite y, por tanto, de que su salud y su seguridad están eficazmente protegidas.

Finalmente, esta forma de trabajo promueve la integración de la prevención en la organización al involucrar en el procedimiento tanto a los trabajadores como a la cadena de mando. Además, permite al técnico un mayor conocimiento de los puestos de trabajo e implicación en las condiciones de trabajo reales en la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Directiva 2002/44/CE, de 25 de junio, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

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.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

NTP 1068. Vibraciones: alternativas para evaluar el riesgo de vibraciones. Estimación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2016.

UNE-CEN/TR 15350 IN. Vibraciones mecánicas. Directrices para la evaluación de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano usando la información disponible incluyendo la información proporcionada por los fabricantes de maquinaria.

Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE de vibraciones en el trabajo.