



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL

COHORTE I

“VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO ENTERO Y SU INCIDENCIA EN LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN OPERADORES DE MAQUINARIA PESADA”

Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Higiene y Salud Ocupacional

AUTOR:

ING. HUGO HERNÁN GODOY COLLAGUAZO

DIRECTORA:

MSc. JEANETTE DEL PILAR UREÑA AGUIRRE

ASESOR:

PhD. SEGUNDO DANIEL VILLACÍS LÓPEZ

Ibarra - Ecuador

2023

DEDICATORIA

Esta obra investigativa está dedicada a:

Con mucho amor y fe a Dios y a la Virgencita del Quinche quienes, han bendecido mi camino brindándome fortaleza y sabiduría para poder culminar esta importante meta, sé que sin su gracia divina nada pudiera ser posible.

Quiero dedicar este logro a dos mujeres extraordinarias en mi vida, mi madre, Magdalena Collaguazo, y mi abuelita, Inés Galeano, quienes son el tesoro más preciado que tengo. A través de su ejemplo, sabiduría y valores, me moldearon como persona y me transmitieron la lección fundamental que, en esta vida, la bondad y la ayuda a quienes lo necesitan son virtudes invaluable. Su amor y guía ha sido fundamental en mi formación como ser humano, y les estoy eternamente agradecido por todas las lecciones de vida que me brindaron.

En este momento especial, deseo dedicar esta obra a mi esposa. Su constante fe en mí y su inquebrantable motivación han sido los pilares que me han sostenido en los momentos más difíciles de esta travesía académica. Su presencia ha sido mi fortaleza y su amor mi fuente de inspiración, este logro no solo es mío, sino también suyo, y espero que esta obra sea un pequeño reflejo de la gratitud y el amor que siento hacia ella.

Agradezco a toda mi familia y amigos por su apoyo constante en los momentos que lo necesite, valoro mucho su presencia en mi vida y espero seguir compartiendo éxitos en el futuro.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar expresando mi sincero agradecimiento a la prestigiosa Universidad Técnica del Norte, así como a la Facultad de Posgrados y la Coordinación de Higiene y Salud Ocupacional, compuesta por un destacado cuerpo docente de alto nivel. Ellos generosamente compartieron su vasto conocimiento y me brindaron valiosas lecciones, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo profesional en constante crecimiento.

Asimismo, deseo expresar mi agradecimiento fraterno a la Prefectura de Imbabura por su inmenso apoyo y por proporcionarme todas las facilidades y recursos necesarios en el marco de su institución, lo cual fue fundamental para llevar a cabo y culminar exitosamente esta investigación.

Quiero brindar mi más profundo y sincero agradecimiento a la MSc. Jeanette Ureña Aguirre, quien desempeñó un papel crucial como mi tutora y colaboradora principal a lo largo de todo este proceso. Su orientación, experiencia, enseñanza y dedicación constante fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo investigativo. También, quiero expresar mi gratitud hacia el PhD. Daniel Villacís, quien desempeñó un papel esencial como asesor procurando sus observaciones y recomendaciones muy acertadas para la consecución de nuestro objetivo, muchas gracias por su tiempo y profesionalismo.

Finalmente, pero de ninguna manera menos importante, quiero extender mi reconocimiento especial al MSc. Omar Godoy, mi co-asesor y guía personal, por su orientación oportuna y su amable apoyo que fue esencial para lograr esta significativa meta.

Agradezco sinceramente a cada uno de los profesionales mencionados. Son verdaderamente inspiradores tanto a nivel personal como profesional. Les expreso mi gratitud y les deseo muchas bendiciones.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte, con la finalidad que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

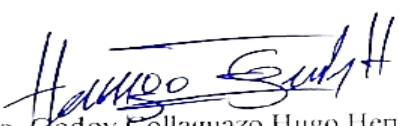
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003691985		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Godoy Collaguazo Hugo Hernán		
DIRECCIÓN:	Barrio La Floresta Carrera Los Galeanos 9-02 y Lola Orbe		
EMAIL:	hhgodoyc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL	0980445998

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO ENTERO Y SU INCIDENCIA EN LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN OPERADORES DE MAQUINARIA PESADA”
AUTOR:	Godoy Collaguazo Hugo Hernán
FECHA:	17 de octubre del 2023
PROGRAMA:	POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Higiene y Salud ocupacional
DIRECTOR:	MSc. Ureña Aguirre Jeanette del Pilar

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de diciembre del año 2023


Ing. Godoy Collaguazo Hugo Hemán
CC.: 1003691985

3. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE DIRECTORA DE TESIS

En calidad de directora de la tesis de grado titulada: **"VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO ENTERO Y SU INCIDENCIA EN LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN OPERADORES DE MAQUINARIA PESADA"**, presentado por: Ing. Hugo Hernán Godoy Collaguazo, para optar por el grado de Magíster en Higiene y Salud Ocupacional, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a defensa pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 17 días del mes de octubre del año 2023


MSc. Jeanele Del Pilar Ureña Aguirre
DIRECTORA DE TESIS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1. Marco teórico	7

2.1.1. Introducción a seguridad industrial y salud ocupacional	7
2.1.1.1. Seguridad.....	7
2.1.1.2. Salud.....	7
2.1.1.3. Trabajo.....	8
2.1.1.4. Riesgo laboral.....	8
2.1.1.5. Factor de riesgo	8
2.1.1.6. Clasificación de los factores de riesgo	9
2.1.1.7. Factor de riesgo físico	9
2.1.1.8. Trastornos musculoesqueléticos (TME).....	9
2.1.1.9. TME en extremidades superiores.....	11
2.1.1.10. TME de cuerpo entero	14
2.1.2. La vibración.....	16
2.1.3. Fuentes generadoras de vibración	16
2.1.4. Clasificación de las oscilaciones	17
2.1.5. Clasificación según la zona corporal afectada	17
2.1.5.1. Vibraciones locales o segmentales	17
2.1.5.2. Vibraciones de cuerpo entero o globales	18
2.1.6. Clasificación según sus características físicas	18
2.1.6.1. Vibraciones libres o periódicas	18
2.1.6.2. Vibraciones no periódicas (choques).....	19
2.1.6.3. Vibraciones aleatorias (fuerzas extremas).....	19

2.1.7. Clasificación según su origen.....	19
2.1.7.1. Vibraciones en procesos de producción	19
2.1.7.2. Vibraciones por funcionamiento de maquinaria.....	19
2.1.7.3. Vibraciones por desgaste de la maquinaria	20
2.1.7.4. Vibraciones por origen de la naturaleza	20
2.1.8. Clasificación según su frecuencia	20
2.1.9. Caracterización de las variables	21
2.1.9.1. Aceleración de la vibración	21
2.1.9.2. Tiempo de exposición	21
2.1.9.3. Espectro de frecuencias de la vibración	21
2.1.9.4. Dirección de la vibración	22
2.1.9.5. Ponderación de frecuencias	23
2.1.10. Afectaciones de la vibración transmitida al cuerpo humano.....	23
2.1.10.1. Afectaciones al sistema mano-brazo	25
2.1.10.2. Afectaciones al cuerpo entero	25
2.1.11. Riesgos en la columna vertebral.....	26
2.1.12. Analizador de vibraciones	26
2.1.13. Medición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero	28
2.1.14. Ponderación para vibraciones mecánicas de cuerpo entero	28
2.1.15. Filtros de ponderación para posición sentado	29
2.1.15.1. Filtro de ponderación W_d	29

2.1.15.2.	Filtro de ponderación Wk.....	30
2.1.15.3.	Filtro de ponderación Wc.....	30
2.1.16.	Valores límite permitidos (TLV (Threshold Limit Values)).....	31
2.1.17.	Cálculos del A (8) de exposición diaria con una sola fuente.....	32
2.1.18.	Cálculos del A (8) de exposición diaria con varias fuentes.....	33
2.1.19.	Maquinaria pesada evaluada.....	34
2.1.20.	Medición de la carga postural.....	38
2.1.20.1.	Método (REBA) Rapid Entire Body Assessment.....	38
2.1.21.	Norma NTE-ISO 2631-1.....	39
2.2.	Marco legal.....	39
2.2.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	39
2.2.2.	Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	39
2.2.3.	Convenio de Protección de los Trabajadores Contra Riesgos Profesionales	
	40	
2.2.4.	Código del trabajo.....	41
2.2.5.	Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.....	41
	CAPÍTULO III.....	42
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1.	Descripción del área de estudio / grupo de estudio.....	42
3.2.	Enfoque y tipo de investigación.....	44
3.2.1.	Enfoque.....	44

3.2.2. Tipo de investigación según su finalidad	45
3.2.2.1. Investigación de campo	45
3.2.2.2. Investigación no experimental	45
3.2.2.3. Investigación transversal	45
3.2.2.4. Investigación descriptiva	46
3.2.2.5. Hipótesis	46
3.2.2.6. Consideraciones bioéticas	46
3.3. Técnicas de recolección de datos	47
3.3.1. La observación	48
3.3.2. La revisión bibliográfica	48
3.3.3. Guía de campo	48
3.3.4. Población y muestra	49
3.3.5. Instrumento de recolección de información	50
3.4. Operacionalización de variables	51
3.4.1. Operacionalización de la variable independiente	51
3.4.2. Operacionalización de variable dependiente	52
3.5. Flujograma	54
3.6. Equipos de medida	55
3.7. Desarrollo del proyecto aplicando la norma NTE INEN-ISO 2631-1	57
3.7.1. Procedimiento para la medición de VMCE.....	57
CAPÍTULO IV.....	60

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1.	Cuestionario Nórdico de Kuorinka	60
4.2.	Características de la maquinaria pesada y nivel de condiciones	69
4.3.	Resultado de actividades registradas por cada tipo de maquinaria pesada	70
4.4.	Cálculo de la aceleración A (8) para una jornada laboral evaluado en la base y respaldo del asiento	71
4.5.	Cálculo de la aceleración máxima A (8) y determinación del nivel de riesgo	72
4.5.1.	Análisis de resultados de la aceleración ponderada A (8) de la base del asiento vs límites TLV	73
4.5.2.	Análisis de resultados de la aceleración ponderada A (8) respaldo del asiento vs límites TLV	73
4.6.	Análisis de resultados de la exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero, en operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura.....	74
4.7.	Evaluación ergonómica con el método REBA.....	77
4.7.1.	Medición angular de miembros corporales con software RULER.	77
4.7.2.	Diagrama resumen de evaluación	80
4.7.3.	Resultados de evaluación	80
4.8.	Evaluación REBA y percepción sintomatológica de TME	81
4.9.	Análisis de resultados de los trastornos musculoesqueléticos	82
4.10.	Pruebas de correlación entre variables	83
4.10.1.	Variable “X” percepción sintomatológica de TME.....	83
4.10.2.	Variable “Y” vibraciones mecánicas de cuerpo entero	84

4.10.3. Correlación entre Variable “X” y Variable “Y”	87
4.10.4. Cálculo de la covarianza	87
4.10.5. Cálculo de la desviación estándar	88
4.10.6. Coeficiente de correlación.....	88
4.10.7. Gráfica de dispersión.....	88
4.10.8. Prueba de hipótesis	89
4.10.9. Valor crítico	90
4.11. Discusión	90
CAPÍTULO V	92
5. Propuesta de un programa de vigilancia de la salud para la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero	92
5.1. Introducción	92
5.2. Objetivos	93
5.2.1. Objetivo general	93
5.2.2. Objetivos específicos.....	93
5.3. Campo de aplicación	94
5.4. Responsables	94
5.5. Normativa aplicable que sustenta al programa de vigilancia de la salud	94
5.6. Estrategias para fortalecer el programa de vigilancia de la salud	94
5.7. Universo, espacio y tiempo	95
5.8. Metas y alcance	95
5.9. Procedimientos	96

5.9.1. Evaluación de la exposición	96
5.9.2. Revisión de la exposición.....	96
5.9.3. Programa de vigilancia	96
5.9.3.1. Exámenes médicos	96
5.9.3.2. Cuestionarios de salud.....	97
5.9.3.3. Contenido de la historia clínica ocupacional.....	97
CAPÍTULO VI.....	98
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
6.1. Conclusiones	98
6.2. Recomendaciones	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores multiplicadores para personas sentadas	29
Tabla 2 Valores que dan lugar a una acción y valores límite	32
Tabla 3 Asignación de maquinaria pesada por frentes de trabajo	43
Tabla 4 Cálculo de la frecuencia para el tipo de maquinaria	49
Tabla 5 Variable independiente. Vibraciones mecánicas de cuerpo entero	52
Tabla 6 Variable dependiente. Trastornos musculoesqueléticos (TME)	53
Tabla 7 Configuración de cada canal en el analizador de vibraciones	56
Tabla 8 Percepción de vibración por los operadores	60
Tabla 9 Valoración por parte de los operadores el nivel de vibración	61
Tabla 10 Molestias en zonas corporales de los operadores	61
Tabla 11 Tiempo estimado que tuvieron lugar los primeros síntomas de molestias ...	62
Tabla 12 Cambio de puesto de trabajo por molestias en zonas corporales	63
Tabla 13 Padecimiento de molestias en los últimos 12 meses	64
Tabla 14 Tiempo de para realizar actividades como operador de maquinaria pesada	65
Tabla 15 Tratamiento en zonas corporales recibidos en el último año	66
Tabla 16 Presencia de molestias en zonas corporales en los últimos 7 días	67
Tabla 17 Valoración del grado de molestias - operadores de maquinaria pesada	67
Tabla 18 Estado de la maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura	69
Tabla 19 Descripción de actividades y tiempo de exposición	70
Tabla 20 Cálculo de $A(8)$ de la base y respaldo del asiento	71
Tabla 21 Determinación de $A(8)$ máxima - base y respaldo del asiento	72
Tabla 22 Puntuación final y nivel de riesgo del método REBA.....	80
Tabla 23 Resumen evaluación ergonómica REBA vs percepción sintomatológica	81

Tabla 24 Normalización y ponderación del cuestionario nórdico Kuorinka.....	84
Tabla 25 Cálculo del "Módulo" de las aceleraciones	86
Tabla 26 Cálculo del módulo de las aceleraciones $A(8)$	87
Tabla 27 Formularios que integran la HCO	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructuras corporales que afectan los TME	10
Figura 2 Inflamación tendinosa del hombro	11
Figura 3 Inflamación tendinosa del codo	12
Figura 4 Inflamación del nervio medio de la muñeca	13
Figura 5 Obstrucción tendinosa de la falange pulgar	13
Figura 6 Inflamación de la zona cervical	14
Figura 7 Inflamación muscular de la zona lumbar	15
Figura 8 Inflamación lumbociatalgia	15
Figura 9 Sistemas de coordenadas y ejes basicéntricos del cuerpo humano	22
Figura 10 Representación gráfica de frecuencias de resonancia	24
Figura 11 Analizador de vibraciones HD 2030	27
Figura 12 Curva de ponderación W_d para superficie del asiento	29
Figura 13 Curva de ponderación W_k para superficie del asiento	30
Figura 14 Curva de ponderación W_c para respaldo del asiento	31
Figura 15 Localización de frentes de trabajo de la Prefectura de Imbabura	44
Figura 16 Resumen del proceso de evaluación	54
Figura 17 Características del analizador de vibraciones HD2030	55
Figura 18 Aceleración ponderada $A(8)$ base del asiento vs límites TLV	73
Figura 19 Aceleración ponderada $A(8)$ respaldo del asiento vs límites TLV	73
Figura 20 Mediciones angulares para el Grupo A de evaluación método REBA	78
Figura 21 Mediciones angulares derecha - Grupo B de evaluación método REBA	78
Figura 22 Mediciones angulares izquierda - Grupo B de evaluación método REBA	79
Figura 23 Flujograma para la obtención de puntuaciones con el método REBA	80
Figura 24 Representación gráfica de la dispersión de datos	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	32
Ecuación 2	32
Ecuación 3	33
Ecuación 4	33
Ecuación 5	33
Ecuación 6	33
Ecuación 7	33
Ecuación 8	33
Ecuación 9	85
Ecuación 10	88
Ecuación 11	88
Ecuación 12	88
Ecuación 13	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Muestras de aceleración con vibrómetro HD2030 Delta OHM.....	112
Anexo 2 Certificado de calibración	114
Anexo 3 Autorización levantamiento información en la Prefectura de Imbabura.	115
Anexo 4 Puntuaciones de los Grupos A, B y final del método REBA	116
Anexo 5 Cuestionario Nórdico Kuorinka	117
Anexo 6 Formulario preocupacional para Historia Clínica Ocupacional.....	118
Anexo 7 Norma NTE INEN-ISO 2631-1/2014.....	121
Anexo 8 NTP 601: Evaluación de carga postural. Método REBA.....	122

RESUMEN

Introducción. Las vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VMCE) se refieren a movimientos oscilatorios que afectan a una persona en su totalidad, en lugar de una parte específica del cuerpo. Este tipo de vibraciones es común encontrar en los entornos de trabajo donde los diferentes tipos de maquinaria pesada realizan actividades laborales, y pueden tener efectos significativos en la salud y el bienestar de los operadores expuestos a ellas. **Objetivo.** Analizar las VMCE y como estas inciden en el desarrollo de los TME en los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura. **Metodología.** Esta investigación es descriptiva con enfoque cuantitativo, por el origen y procesamiento de los datos es de campo, no experimental y de diseño transversal, la investigación se aplicó a 17 operadores de equipos pesados. **Resultados.** Se determinó que el 58% de la maquinaria pesada supera el nivel de vibración $0,5 \text{ m/s}^2$ para tomar acciones, mientras que el 42% se encuentra por debajo de este límite. En cuanto a la percepción de los operadores, en promedio el 88% reportan molestias en diferentes zonas del cuerpo en el trabajo, y la evaluación ergonómica REBA muestra que el 100% de los trabajadores tienen un riesgo medio-alto de padecer TME. **Conclusiones.** La aplicación de la covarianza permitió obtener el valor absoluto t-student 0.2831, lo cual es menor que el valor crítico 2.1314, se concluye que la hipótesis nula no se rechaza. Además, el valor de correlación de Pearson 0.0712, sugiere que la correlación está muy cerca de cero. En consecuencia, no se puede demostrar una relación directa entre la variable de VMCE y la variable de percepción sintomatológica de los operadores de maquinaria pesada en relación a los TME.

Palabras Clave: Vibraciones, maquinaria, musculoesqueléticos, vibrómetro, percepción.

ABSTRACT

Introduction. Whole Body Mechanical Vibrations (WBMV) refer to oscillatory movements that affect an individual as a whole, rather than a specific part of the body. These types of vibrations are commonly found in work environments where various types of heavy machinery are used, and they can have significant effects on the health and well-being of operators exposed to them.

Objective. To analyze WBMV and their impact on the development of Musculoskeletal Disorders (MSDs) in heavy machinery operators of the Prefecture of Imbabura. **Methodology.**

This research is descriptive with a quantitative approach. Due to the origin and processing of data, it is field-based, non-experimental, and cross-sectional in design. The study was conducted on 17 heavy equipment operators. **Results.** It was determined that 58% of the heavy machinery exceeds the vibration level of 0.5 m/s^2 , which requires action, while 42% are below this threshold. Regarding operator perception, on average, 88% report discomfort in different body areas during work. The REBA ergonomic assessment shows that 100% of the workers have a medium to high risk of developing MSDs. **Conclusions.** The application of covariance allowed obtaining an absolute t-student value of 0.2831, which is less than the critical value of 2.1314. Therefore, it is concluded that the null hypothesis is not rejected. Additionally, the Pearson correlation value of 0.0712 suggests that the correlation is very close to zero. Consequently, a direct relationship between the WBMV variable and the symptom perception variable of heavy machinery operators in relation to MSDs cannot be demonstrated.

Keywords: Vibrations, machinery, musculoskeletal, vibrometer, perception.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo de la historia se ha evidenciado que los avances tecnológicos desarrollados por el hombre en la fabricación y tecnificación de maquinaria, tiene como objetivo facilitar el trabajo que ejecutan los seres humanos en actividades de remoción de tierra. La demanda de maquinaria pesada enfrenta una adquisición de equipos que integren componentes de alta tecnología (ProArgentina, 2005b).

Una de las principales problemáticas que presenta la Prefectura de Imbabura es contar con maquinaria pesada que tiene una vida útil longeva, en la que la mayoría de sus componentes han sufrido una serie de modificaciones, desgastes o han perdido sus características de fabricación, por lo que el trabajador se encuentra expuesto a diferentes factores de riesgo laboral.

Los factores de riesgo físico generados por energía mecánica son los que enfrentan gran parte de los trabajadores por la exposición de ruido, vibraciones e iluminación. Pueden tener un impacto significativo en el deterioro de la salud en seres humanos, estos agentes pueden causar afectaciones a nivel neuronal, digestivo y físico. Sin embargo, sus efectos pueden ir más allá y desencadenar problemas psicosociales, como, Irritabilidad, depresión, insatisfacción laboral, bajo rendimiento, y mareo, entre otros. Particularmente, la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VMCE) es relevante en entornos laborales donde las actividades se realizan en posición sentada, de pie o recostado sobre una fuente generadora de niveles de vibración. Estas vibraciones ingresan al cuerpo a través de puntos de apoyo como la cadera, los pies y espalda (Ahn et al., 2022).

La Prefectura de Imbabura no cuenta con evaluaciones previas de las vibraciones mecánicas generadas por los diferentes tipos de maquinaria pesada. Por lo tanto, es

desconocido el nivel de vibración al que están expuestos los operadores durante su jornada laboral, las vibraciones mecánicas pueden ser transmitidas al cuerpo del operador a través del asiento, estructura de chasis, joysticks de mando, y otros elementos similares. Esto es un elemento crítico, porque no se cuenta con información sobre el tipo, el nivel de frecuencia y dirección de la aceleración que impacta en el organismo de los operadores. Dentro de este contexto, resulta imposible determinar las posibles afectaciones a la salud de los operadores de maquinaria debido a la exposición de vibración.

La adopción de posturas estáticas durante períodos prolongados, la conducción en terrenos en mal estado y la exposición a vibración generada por maquinaria pesada pueden contribuir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos en áreas corporales como el cuello, la espalda y las extremidades superiores. Además de estas afectaciones, se ha observado la presencia de tensión en tejidos blandos que se manifiestan en cuadros de dolor (Krajnak, 2019).

En este contexto, la exposición a vibraciones mecánicas presenta como efecto la generación de afectaciones en el sistema musculoesquelético en los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura. Como resultado, los trabajadores realizan sus labores sin conocimiento de los posibles agentes contaminantes que, con el tiempo, podrían afectar su salud gradualmente. Por tanto, los profesionales de la higiene industrial contribuyen con conocimientos e investigaciones con el fin de prevenir problemas de salud en los operadores, quienes constituyen el recurso más valioso en el ámbito productivo.

A nivel mundial los trastornos musculoesqueléticos representan la octava causa de discapacidad, por lo tanto, han sido catalogados como un importante problema de salud pública (Astudillo Ganora et al., 2021).

Según García (2019), en Ecuador, los trastornos musculoesqueléticos (TME) son la principal razón por la cual la mayoría de los trabajadores se ausentan de sus puestos laborales,

estos trastornos musculoesqueléticos incluyen lesiones en nervios, tendones, ligamentos y articulaciones, en particular, en el tren motor superior y la columna vertebral.

1.2. Antecedentes

En el entorno mundial, la conducción de equipos móviles se considera una labor de alto riesgo, debido a la exposición de diversos factores de riesgo físico generados por fuentes de energía mecánica, termo-higrométrica y electromagnética en el puesto de trabajo. El factor de riesgo físico se ve agravado, ya que el trabajador además debe adoptar y mantener por prolongados periodos de tiempo la posición de sentado en la conducción de la maquinaria pesada bajo condiciones anómalas y precarias en las que se lleva a cabo las actividades relacionadas con la conducción de diversos tipos de vehículos.

Un conductor profesional es aquella persona que, portando una licencia de conducir emitida por una institución de transporte, se dedica a la conducción de vehículos motorizados con la finalidad de transportar personas y/o mercancías, independientemente de su naturaleza (Arias-Meléndez et al., 2021).

En la nómina de la Prefectura de Imbabura, se encuentra 17 operadores de maquinaria pesada que cuentan con licencia tipo G, otorgada por la Agencia Nacional de Tránsito. Estos operadores han sido capacitados y certificados por diversas escuelas de conducción, lo que les habilita para la operación de maquinaria pesada.

Hasta la fecha, no se ha realizado una evaluación del factor de riesgo físico relacionado con la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero en los operadores de maquinaria de la Prefectura de Imbabura.

Por lo tanto, resulta pertinente llevar a cabo esta investigación con el propósito de determinar si la exposición a vibraciones mecánicas representa la causa para el desarrollo a mediano y largo plazo en la generación de trastornos musculoesqueléticos, con lo cual los trabajadores pueden sufrir un deterioro significativo en su salud.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar las vibraciones mecánicas de cuerpo entero y su incidencia en los trastornos musculoesqueléticos en operadores de maquinaria pesada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las vibraciones mecánicas de cuerpo entero para determinar los niveles de aceleración equivalente ponderada (A_{eq}) por puesto de trabajo bajo normativa técnica preventiva.
- Establecer los trastornos musculoesqueléticos en operadores de maquinaria pesada causados por la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero.
- Proponer un programa de vigilancia de la salud, para la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero en operadores de maquinaria pesada.

1.4. Justificación

Este estudio se desarrolló en el ámbito de acción de la Prefectura de Imbabura y reviste una gran importancia debido a que se aborda la evaluación de los agentes o peligros del factor de riesgo físico relacionado con la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VMCE) generadas por diversos tipos de maquinaria pesada durante las actividades de remoción de tierra, compactación de suelos, nivelación del terreno, carga y descarga de materiales. Además, se examina su impacto en la salud de los operadores de equipos camineros.

La importancia de esta investigación radica en la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero presente en los puestos de trabajo de los operadores de maquinaria pesada en la Prefectura de Imbabura. Hasta la fecha, este agente o peligro no ha sido identificado, medido, evaluado, ni controlado adecuadamente, ni se ha proporcionado un seguimiento adecuado en relación a los equipos pesados. Esto adquiere mayor relevancia dado

que estos requisitos están estrictamente regulados por la normativa ante el organismo competente en Ecuador.

Los principales beneficiarios de esta investigación son la Prefectura de Imbabura y su equipo de operadores de maquinaria pesada. Esta investigación proporcionará por primera vez datos científicos que respaldan la evaluación de los niveles de vibración generados por los equipos pesados, y las afectaciones en su sistema osteomuscular, debido a la exposición prolongada a fuentes de vibración.

La investigación se basó, en un enfoque técnico que incluyó el uso de un equipo analizador de vibraciones mecánicas. Este dispositivo está equipado con un acelerómetro triaxial capaz de registrar las aceleraciones en cada uno de los ejes basicéntricos durante la exposición a vibraciones mecánicas para cuerpo entero. Además, se siguió el protocolo de evaluación conforme a la normativa ecuatoriana NTE INEN-ISO 2631-1, que es una traducción precisa de la norma internacional ISO 2631-1.

En vista que el Ecuador no cuenta con una legislación que establezca límites de exposición para el riesgo de vibraciones mecánicas, fue preciso acoger, para esta investigación la normativa española el Real Decreto 1311/2005 conjuntamente con la NTP 839/2009 guía de evaluación de vibraciones mecánicas, la cual contiene una estructura sólida que plantea disposiciones enfocadas a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que entran en contacto con fuentes generadoras de vibración mecánica, y que son transmitidas al organismo por el sistema segmental mano-brazo o global de cuerpo entero (Real Decreto 1311, 2005).

Por su parte el Real decreto 1311 del 2005, acoge a la Nota Técnica de Prevención NTP-839 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, enfocada específicamente a la exposición de vibraciones mecánicas y la evaluación del riesgo, planteándose como una guía a seguir para la ejecución de todo el proceso evaluativo esto permite obtener resultados fiables de los niveles de vibración y que sea comparable con los

límites de exposición determinados por esta norma, es así bajo esta evidencia, plantear una propuesta para la de vigilancia de la salud en los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

Resulta fundamental establecer definiciones claras de los conceptos clave que se abordaron en esta investigación. El marco teórico se sustenta en un análisis de la literatura, que incluye libros, artículos científicos publicados en revistas de alto impacto, tesis de posgrado, documentos de sitios web de reconocida reputación y contribución significativa a la comunidad científica. Esta información es relevante y esencial para comprender y aplicar eficazmente el tema propuesto, y sirvió como punto de partida en la elaboración del trabajo de grado.

2.1.1. Introducción a seguridad industrial y salud ocupacional

2.1.1.1. Seguridad

La seguridad se define como un conjunto sistemático y ordenado de procedimientos y recursos técnicos direccionados a generar el efecto esperado en gestión preventiva y protectora de accidentes. Aunque es cierto, la definición de seguridad no está estandarizada, por lo que se ha debido adaptar a los cambios a lo largo de la historia, más aún en la industria y el trabajo. El enfoque que ha mantenido este concepto ha sido el de prevención y protección contra cualquier agente o situación que pueda llegar afectar la salud del trabajador, la fauna, el medio ambiente o los bienes en cualquier actividad económica o social (Bovea Edo et al., 2011).

2.1.1.2. Salud

El autor Salgado Benítez (2010) define la salud como un estado de equilibrio en el que busca satisfacción y tranquilidad en el plano fisiológico, psicológico y social; pero no enfocar sus esfuerzos solo para evitar el padecimiento de una enfermedad o incapacidad.

En este sentido, la definición de salud plena e integral, agrupa todos los aspectos de las personas, incluyendo los factores ambientales y espirituales, de esa manera, la definición de

salud toma un sentido más amplio integrando lo intelectual y religioso del individuo (Hoyo et al., 2021).

2.1.1.3. Trabajo

El trabajo está definido como actividades de los humanos para procesar los recursos disponibles en la naturaleza, para cubrir las necesidades de las personas. Además, es preciso mencionar que la tecnificación en el desarrollo de las actividades y la organización de las mismas han sido factores muy determinantes en el trabajo; si bien es cierto, para que un trabajo sea catalogado como beneficioso o dañino para la salud de las personas es importante determinar bajo qué condiciones desempeña su labor (Navas Cuenca, 2018b)

2.1.1.4. Riesgo laboral

Como menciona la autora Ramírez Soriano (2020) en su publicación, el riesgo laboral se considera a todo evento o suceso con potencial de afectar a la salud y al desarrollo de las actividades laborales de un puesto de trabajo.

El riesgo laboral está definido como la posibilidad de experimentar un incidente o padecer una afección mientras se desempeña una tarea laboral, sin que exista obligatoriamente una relación contractual entre el empleador y el trabajador (Álvarez Heredia, 2011).

2.1.1.5. Factor de riesgo

El factor con potencial de daño a la salud debe identificarse en la probabilidad de su incidencia; como ejemplo, para que exista la probabilidad de explosión es necesario que el material se almacene junto a una fuente inflamable, que una persona fume en una zona prohibida, incendios o cortocircuitos en instalaciones eléctricas, entre otros. Dichos escenarios o fuentes, se consideran el factor de riesgo con probabilidad de afectar la salud de las personas o causar daños a la infraestructura (Navas Cuenca, 2018b).

2.1.1.6. Clasificación de los factores de riesgo

La clasificación de los factores de riesgo es una temática muy amplia, en la que se estudia los accidentes laborales y enfermedades ocupacionales, en el ámbito del estudio se han desarrollado diversas categorizaciones de los elementos de riesgo, donde se han agrupado por los efectos que pueden provocar en la salud y seguridad de las personas. La elección de una clasificación en particular queda en segundo plano, ya que lo importante radica en que exista una lógica en la forma de organizarla y que contemple todos los aspectos pertinentes. En ese sentido, los factores de riesgo serán físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, eléctricos, mecánicos y locativos (Álvarez Heredia, 2011).

2.1.1.7. Factor de riesgo físico

Se refiere a un súbito intercambio de energía entre el individuo y su entorno, en relación a una magnitud que supera la capacidad de tolerancia del organismo. Entre los factores físicos que más destacan se puede mencionar al ruido, vibración, temperatura, iluminación, radiación ionizante y no ionizante (Álvarez Heredia, 2011).

2.1.1.8. Trastornos musculoesqueléticos (TME)

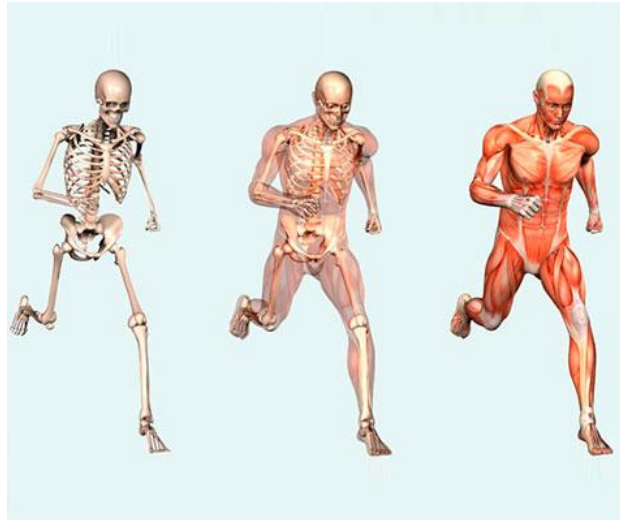
Se denomina trastornos musculoesqueléticos (TME) de origen laboral según Asencio-Cuesta et al., (2012) a las “alteraciones que sufren las estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas, fundamentalmente, por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla” (p.16).

Los TME pueden definirse como el resultado de un desequilibrio entre las exigencias biomecánicas de una tarea laboral y las capacidades físicas que tiene el trabajador. Cuando las exigencias laborales superan las capacidades funcionales de un individuo, aumenta exponencialmente la probabilidad de sufrir un TME, que pueden englobar desde problemas menores en los músculos con cuadros de hormigueo e inflamación, hasta lesiones importantes

en el sistema óseo que pueden provocar incapacidad temporal o permanente. Por otra parte, si las capacidades del individuo son mayores que las exigencias del puesto de trabajo, la probabilidad de sufrir TME se reduce significativamente (Marín Castro et al., 2021).

Figura 1

Estructuras corporales que afectan los TME



Nota. Adaptado de *Trastornos musculoesqueléticos (TME) y descanso*, por European Sleep Care Institute,(2023), ESCI (escinstitute.com/area/trastornos-musculoesqueleticos-tme). C.

En los últimos años, ha habido un creciente interés a nivel mundial en la prevención de los TME relacionados con el trabajo. Esto se debe a que los trastornos en el sistema osteomuscular se han convertido en un problema de salud pública, evidenciado por el aumento de diagnóstico de patologías laborales causadas por TME, el encarecimiento de la calidad de vida de las personas afectadas, los elevados costos que deben asumir las empresas debido al ausentismo laboral, la disminución de la productividad, los gastos médicos y las indemnizaciones por incapacidad laboral, entre otros. Las principales causas que contribuyen al desarrollo de TME están relacionadas con la falta de condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo y la subestimación de las condiciones biomecánicas de las labores (Navarro Romero et al., 2021).

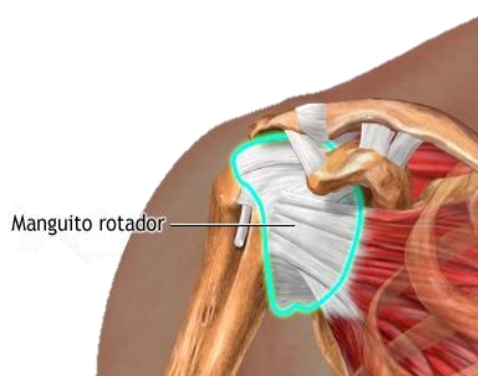
2.1.1.9. TME en extremidades superiores

Los trastornos musculoesqueléticos en las extremidades superiores relacionados con el trabajo son el resultado de la exposición a ciertos factores de riesgo que demandan el uso de la fuerza. Estos factores pueden surgir debido a la tensión muscular causada por la necesidad de aplicar esfuerzo en la realización de una tarea, ya sea debido a la ejecución de esfuerzos en condiciones de carga estática o repetitiva, o cuando los periodos destinados a la recuperación resultan insuficientes (Marín Castro et al., 2021).

Tendinitis del manguito rotador. Según Navas (2018a), las patologías osteomusculares pueden desarrollarse en trabajos en los que los codos están por encima de los hombros, y en actividades en las que los trabajadores deben experimentar mayor tensión en los tendones o en la bolsa subacromial del hombro. Estas afectaciones se desarrollan en trabajos de levantamiento y transporte manual de cargas, en los que la posición de los brazos está abducida o flexionada.

Figura 2

Inflamación tendinosa del hombro



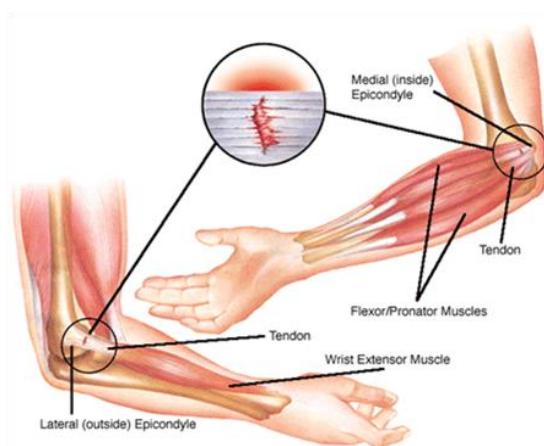
Nota. Adaptado de *Tendinitis del manguito rotador*, por Clínica Raquis, (2021), RAQUIS (www.raquischile.cl/tendinitis-del-manguito-rotador/). C.

Epicondilitis. La epicondilitis puede desarrollarse en actividades en las que sea necesaria la ejecución de movimientos repetitivos o debido a la realización de extensiones o flexiones bruscas de los tendones del antebrazo, específicamente por la extensión del músculo extensor radial corto y largo del carpo, lo que puede causar una lesión del codo. Esta patología

puede desarrollarse en cualquier actividad laboral, así como en deportistas. Su principal síntoma es un fuerte dolor del antebrazo al realizar flexión o extensión del brazo con supinación de la muñeca (Jiménez Solís et al., 2021).

Figura 3

Inflamación tendinosa del codo



Nota. Adaptado de *Tratamiento Epicondilitis*, por Isomedic, (2022), (isomedic.es). C.

Síndrome del túnel carpiano. Cuando se realizan actividades que requieren la ejecución de micro movimientos de la muñeca, existe una probabilidad más alta de desarrollar una patología conocida como síndrome del túnel carpiano. Esta afección resulta de la compresión del nervio mediano al pasar por el túnel del carpo en la zona de la muñeca. Si bien es cierto que, en etapas avanzadas de la patología, el dolor puede extenderse por todo el antebrazo, comúnmente, las principales molestias se presentan en la zona de la mano. Esto puede dar lugar a dolor excesivo, hormigueo e incluso entumecimiento de los dedos, lo que hace que sea imposible llevar a cabo tareas con las manos (Rodríguez, 2019).

“El síndrome del túnel del carpo es una neuropatía, que afecta en la mayoría de casos más a mujeres que hombres, ocasionando dolor en la mano y muñeca, inclusive su sintomatología se extiende por todo el brazo” (Araya-Quintanilla et al., 2018).

Figura 4

Inflamación del nervio medio de la muñeca



Nota. Adaptado de *El síndrome del túnel carpiano no solo afecta a los auxiliares administrativos*, por Nulgara Longo et al., (2023), OCRONOS (revistamedica.com/sindrome-tunel-carpiano-auxiliares-administrativos/). CC.

Tenosinovitis de quervain. Este cuadro clínico se manifiesta como una reducción del canal que permiten el movimiento del tendón del dedo pulgar, generalmente asociada a una hinchazón del conducto por el cual el tendón extensor largo y corto del pulgar presentará dificultad para movilizarse (Campos Saavedra et al., 2021).

Figura 5

Obstrucción tendinosa de la falange pulgar



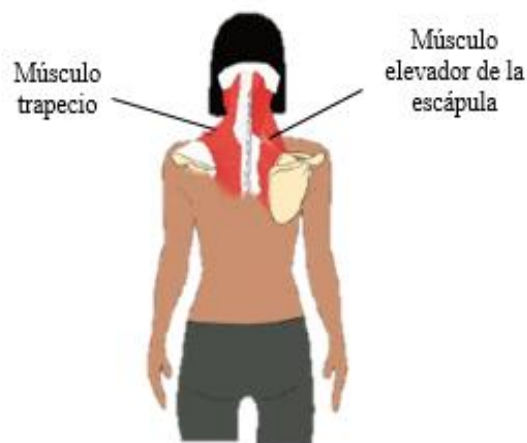
Nota. Adaptado de *Tenosinovitis de Quervain*, por Satteson & Tannan, (2022), STATPEARLS (ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442005/). CC.

2.1.1.10. TME de cuerpo entero

Síndrome cervical por tensión. Aunque es cierto que el cuello es una zona sensible en la que la mayoría de los trabajadores que se dedican a la conducción de vehículos padecen estas dolencias, la patología denominada Síndrome Cervical por Tensión (SCT) se considera un trastorno musculoesquelético de origen traumático acumulativo. Se caracteriza por presentar dolor, rigidez y reducción de movilidad en la zona cervical. Se genera debido a la ejecución de movimientos repetitivos y posturas inadecuadas, que pueden causar una compresión de los nervios y vasos sanguíneos del cuello (Vásquez-Zamora et al., 2023).

Figura 6

Inflamación de la zona cervical



Nota. Adaptado de *Enfoque Ocupacional*, por Parra Leal, (2011),

(enfoqueocupacional.com/2011/09/sindrome-cervical-por-tension.html). C.

Lumbalgia. Como menciona Gómez-Conesa (2005), el dolor en la zona lumbar es una de las principales molestias por las que los trabajadores acuden a atención médica. Además, estadísticamente se determina que esta patología es la quinta razón habitual por la que las personas son hospitalizadas. Aunque el cuadro más representativo de esta patología es el dolor, también es la tercera razón común para someterse a una cirugía.

Figura 7

Inflamación muscular de la zona lumbar

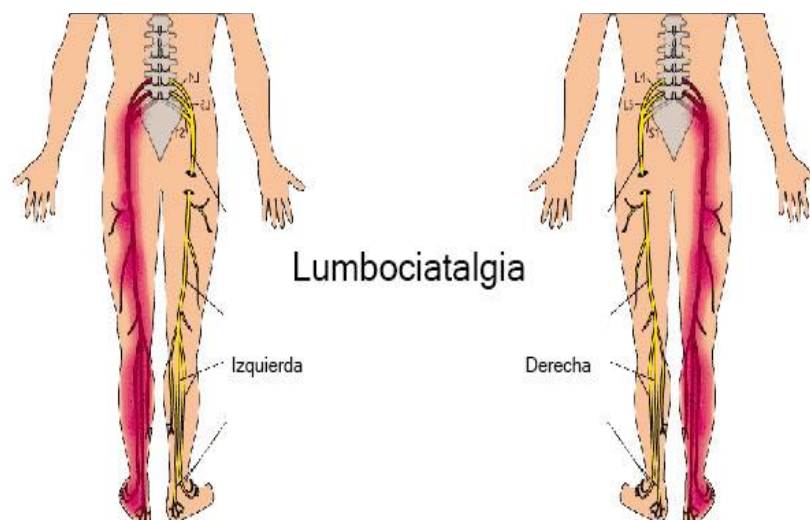


Nota. Adaptado de Masaje Quiropráctico, por Ibarra E, (2022), QUIROPRÁCTICO (masajequirop Practico.com/2022/10/21/que-es-la-lumbalgia/). C.

Lumbo-ciatalgia. Esta patología presenta un cuadro inflamatorio en la espalda lumbar, generando inflamación del nervio ciático. Esta molestia se irradia por los glúteos hasta las piernas, ocasionando dolor y reducción de movilidad (Acuña Morales, 2015).

Figura 8

Inflamación lumbociatalgia



Nota. Adaptado de *Lumbociatalgia tratamiento parte derecha e izquierda aguda*, por Tratamientoblog, (2016), FISIOTERAPIA (tratamientoblog.com/lumbociatalgia/). C.

2.1.2. La vibración

Según Henao Robledo (2014), el término de “vibración” se refiere al conjunto de movimientos que oscilan en un punto de equilibrio, experimentados por un cuerpo sólido o sus componentes. Las vibraciones pueden estar compuestas por el desplazamiento, la velocidad o la aceleración, y la evaluación dependerá de la importancia en el estudio. Las mediciones pueden realizarse en uno o varios puntos de referencia según la normativa aplicable. Toda maquinaria pesada genera vibraciones debido a la presencia de piezas móviles y la propulsión mediante un motor de combustión interna. El nivel de vibraciones estará influenciado por la potencia del motor, la capacidad de carga y las condiciones del terreno por el que se desplaza la maquinaria.

2.1.3. Fuentes generadoras de vibración

En el campo de la construcción, ya sea en el sector público o privado, los trabajadores utilizan diversos medios para llevar a cabo sus actividades. Como menciona Henao Robledo (2014), las fuentes de vibración se pueden categorizar como máquinas de producción o transformación de materias primas, herramientas eléctricas, manuales e hidráulicas, así como equipos pesados autopropulsados. Todos estos medios están diseñados para mejorar y aumentar la productividad laboral.

El parque automotor de la Prefectura de Imbabura cuenta con maquinaria pesada para diferentes trabajos en el campo, como retroexcavadoras, motoniveladoras, tractores bulldozer, cargadoras, rodillos y mini cargadoras. Todas estas maquinarias generan vibraciones de baja frecuencia que afectan la columna vertebral (Falagán Rojo, 2008).

Es importante mencionar que los fabricantes, desde el ensamblaje final y las pruebas de funcionamiento, comercializan diferentes tipos de maquinaria pesada con un manual de funcionamiento en el que ya se plasman los niveles de vibración que genera la maquinaria pesada con la puesta en marcha. Al analizar esta información, se deduce que con el pasar de

los años y el desgaste los diferentes componentes móviles de la maquinaria pesada, los niveles de vibración aumentarán significativamente (Falagán Rojo, 2008).

Según Torres y Jaramillo (2014) en su publicación definen a las herramientas como “aquel conjunto de elementos básicos necesarios para la consecución de una actividad o tarea, la cual tiene como finalidad el culminar en el menor tiempo posible y con el menor esfuerzo para el trabajador muchas más”.

2.1.4. Clasificación de las oscilaciones

Los movimientos oscilatorios, comúnmente llamadas vibraciones, se clasifican en cuatro grupos. El primero se refiere a la zona corporal de transmisión, el segundo grupo clasifica las vibraciones según las características físicas, el tercero las clasifica según el origen de la fuente generadora de vibración, y el cuarto grupo engloba los efectos que genera la vibración según la frecuencia a la que se expone el trabajador (Hena Robledo, 2014).

2.1.5. Clasificación según la zona corporal afectada

2.1.5.1. Vibraciones locales o segmentales

Las vibraciones se transmiten por el contacto con una fuente vibratoria, que pueden ser herramientas manuales eléctricas, neumáticas o mecánica. La energía física de estas herramientas se transmite a través de las manos y los brazos al cuerpo. Las empresas, ya sean públicas o privadas, pueden utilizar compactadores de suelo, taladros percutores para perforar y equipos rotativos (Hena Robledo, 2014).

En la actualidad, es muy común el uso de herramientas manuales que generen niveles elevados de vibración, y que muchas de las personas desconocen el impacto que esto puede tener en la salud. Es importante mencionar que existe otras fuentes con las que los trabajadores pueden entrar en contacto de forma indirecta. Como lo menciona Griffin Michael (2012) en su publicación, la exposición a vibraciones en los segmentos mano – brazo puede ser transmitida por piezas vibrantes que son sujetadas con las manos del operario.

2.1.5.2. Vibraciones de cuerpo entero o globales

Las vibraciones provienen de dos tipos de fuentes. Uno de ellos hace referencia a máquinas utilizadas por las industrias en los procesos productivos, que suelen estar estáticas, por lo que la transmisión de vibración se produce a través del suelo. El otro tipo de fuente son los vehículos de transporte de pasajeros y equipos móviles autopropulsados por un motor o fuente energética, cuya principal vía de transmisión es a través del asiento, joysticks manuales, pedales de accionamiento con los pies y la estructura de la cabina (Henao Robledo, 2014).

El desarrollo de esta investigación está orientado a evaluar las vibraciones mecánicas generadas por diferentes tipos de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura. Esta maquinaria incluye retroexcavadoras, rodillos compactadores de suelo, motoniveladoras, tractores bulldozer con orugas, palas cargadoras, excavadoras y mini cargadoras. Algunos de estos equipos tienen una vida útil de más de 15 años, y en ciertos casos, los mecanismos anti vibratorios ya no están habilitados, lo que provoca que los operadores estén en contacto directo con los niveles de vibración generados por la maquinaria pesada y el entorno de trabajo.

Los operadores de maquinaria pesada están expuestos a diferentes frecuencias de vibración que ingresan al organismo paralelamente por los ejes basicéntricos. La solución para evitar el contacto directo del trabajador con la fuente generadora de vibración implica la colocación de aislantes o accesorios de absorción que almacenen esta energía. En ese sentido, los equipos móviles cuentan con asientos equipados con sistemas anti vibratorios cuya función principal es reducir la exposición a los niveles de vibración generados por estos equipos (Henao Robledo, 2014).

2.1.6. Clasificación según sus características físicas

2.1.6.1. Vibraciones libres o periódicas

Este tipo de vibraciones se denominan también naturales. Y son aquellas en las que ninguna fuerza ocasiona cambios en su amplitud y longitud de onda, por lo que este tipo de

vibraciones es de fácil evaluación y predicción ya que constantemente se repetirán en similares períodos de tiempo, un ejemplo es la vibración que realiza una cuerda de guitarra (Falagán Rojo, 2008, p. 152).

2.1.6.2. Vibraciones no periódicas (choques)

Las vibraciones no periódicas son aquellas que nunca se repiten exactamente de la misma forma y suceden intempestivamente; este fenómeno transitorio es cuando una maquinaria pesada cae en un bache o sufre un choque con un objeto incrustado en el suelo, por lo que la vibración se verá alterada debido a este evento anómalo repentino (Falagán Rojo, 2008).

2.1.6.3. Vibraciones aleatorias (fuerzas extremas)

Se consideran vibraciones aleatorias a las que el movimiento de la partícula no presenta un patrón y además no cuenta con un ciclo de repetición en el tiempo, por lo que es muy indispensable la aplicación de la estadística para determinar dichos movimientos en este tipo de oscilaciones (Hena Robledo, 2014).

2.1.7. Clasificación según su origen

2.1.7.1. Vibraciones en procesos de producción

Las vibraciones son las más comunes de la industria, ya que su origen se basa en el roce o impacto de partes móviles contra otros materiales, en el mecanismo de funcionamiento de las máquinas y su energía se transmitirá al cuerpo del trabajador directamente por contacto con las partes o estructura de estos equipos industriales; como ejemplos tenemos cortadoras, dobladoras o prensas y maquinaria textil (Falagán Rojo, 2008).

2.1.7.2. Vibraciones por funcionamiento de maquinaria

Estas vibraciones son aquellas que se encuentran influenciadas por entran en contacto con una fuerza externa que altere su frecuencia como pueden ser variabilidad de materiales o tipos de terreno por los que se mueve la maquinaria pesada, ejemplo se puede citar a las

vibraciones que genera una amoladora o un taladro percutor, pero también se presentan cuando una maquinaria pesada como un rodillo compactador de suelo se desplaza por un terreno de piedra el cual contribuirá a la generación de mayor nivel de vibración (Falagán Rojo, 2008).

Dentro de esta investigación se puede evidenciar las exigencias mecánicas que desempeñan los equipos pesados como retroexcavadoras, motoniveladoras, rodillos, mini cargadoras, tractores bulldozer y cargadoras, en los frentes de trabajo de la Prefectura de Imbabura.

2.1.7.3. Vibraciones por desgaste de la maquinaria

Estas vibraciones son las que se generan por el uso de una herramienta o maquinaria con mal diseño en su fabricación, desgaste excesivo de sus componentes, falta de mantenimiento o falta de lubricación de sus partes, por lo que estos equipos generarán más vibraciones que afectarán a la salud de los trabajadores; en este sentido, los equipos móviles por la falta de mantenimiento preventivo son susceptibles de sufrir desgaste en sus piezas, cuya incidencia es el aumento en la generación de niveles vibratorios (Falagán Rojo, 2008).

2.1.7.4. Vibraciones por origen de la naturaleza

Las vibraciones de origen natural hacen mención de que su fuente generadora será un fenómeno de la naturaleza, como ejemplo se tienen: terremotos, temblores sísmicos, tormentas o el viento; lo particular de estas vibraciones es su difícil predicción, ya que no se sabe cuándo sucederá, dónde ocurrirá y menos en qué nivel se generará. Por consiguiente, su evaluación será muy difícil ya que su generación es aleatoria lo cual complica su estudio. (Falagán Rojo, 2008)

2.1.8. Clasificación según su frecuencia

De acuerdo a lo que menciona Falagán (2008) en su manual de higiene industrial las vibraciones mecánicas se clasifican en 3 grupos:

“De muy baja frecuencia, menos de 1 Hz.

De baja frecuencia, entre 1 Hz y 20 Hz

De alta frecuencia, entre 20 Hz y 1000 Hz” (p. 153).

2.1.9. Caracterización de las variables

Las vibraciones transmitidas a los trabajadores sean transmitidas por el sistema mano-brazo o al cuerpo completo se fundamentan en cinco parámetros muy importantes.

2.1.9.1. Aceleración de la vibración

Según lo menciona Falagán Rojo (2008) un gran número de fuentes de vibración que se encuentran en los ambientes laborales tienen variación con respecto al tiempo tanto en su frecuencia como en su magnitud, por tal motivo se aplica la aceleración continua equivalente para un tiempo determinado T , $A_{eq,(T)}$; para lo cual se aplicará la expresión A (8) en la que se refiere como la aceleración equivalente para una jornada de trabajo de 8 horas diarias.

2.1.9.2. Tiempo de exposición

En higiene industrial se determina que el efecto generado por cualquier factor de riesgo está relacionado directamente con la cantidad recibida, contextualizando esta definición el efecto que le generará al operador de maquinaria pesada exponerse a una fuente vibratoria dependerá del tiempo real de exposición y del nivel de aceleración (Falagán Rojo, 2008).

2.1.9.3. Espectro de frecuencias de la vibración

El cuerpo humano es asimétrico razón por la cual no responde de forma similar a las frecuencias de la vibración, dentro del espectro de frecuencias para esta investigación se determinó los rangos de frecuencia centrales, aquellos considerados más perjudiciales para la salud de las personas (Falagán Rojo, 2008), estableciendo así para Vibraciones Mecánicas de Cuerpo Entero (VMCE) el rango de frecuencias centrales de 0,5 Hz y 80 Hz para informar posibles efectos de la vibración en la salud, confort y percepción (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2014).

2.1.9.4. Dirección de la vibración

El punto de partida para una correcta medición de la vibración radica en definir el sistema de coordenadas, el cual dependerá netamente del punto por cual ingresa la vibración al cuerpo humano, para comprender mejor los sistemas de coordenadas se presenta la Figura 3, la cual muestra los posibles ingresos de la vibración a través de los ejes basicéntricos del cuerpo humano (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2014).

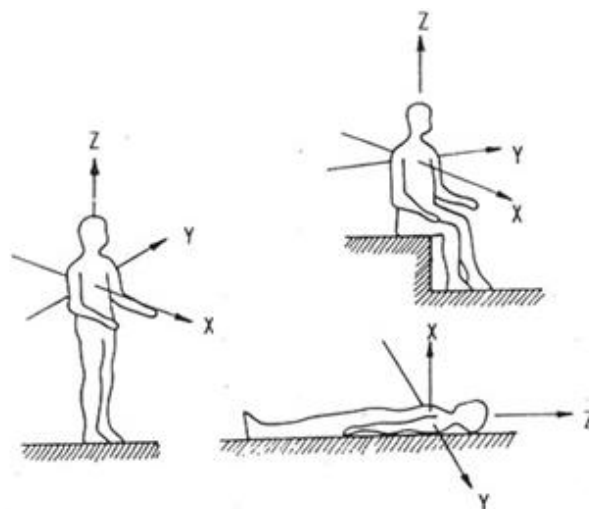
Eje X: La vibración ingresa por la espalda y tiene salida por el pecho tomando como referencia la altura del corazón.

Eje y: La vibración ingresa por el hombro derecho y tiene salida por el brazo izquierdo de igual forma se toma como referencia la altura del corazón.

Eje z: Cuando el trabajador se sienta la vibración ingresa por los glúteos hacia la columna o si el trabajador está de pie, en este caso, la vibración ingresa verticalmente por los pies hacia la columna vertebral.

Figura 9

Sistemas de coordenadas y ejes basicéntricos del cuerpo humano



Nota. Tomado de Norma NTE INEN-ISO 2631-1, por (Universidad de Córdoba [UCO], 2018).

2.1.9.5. Ponderación de frecuencias

La percepción de la vibración por parte del trabajador depende en gran medida de la frecuencia y la magnitud de la aceleración. Para evaluar de forma precisa la exposición a vibraciones, es necesario determinar que la medición de la aceleración figure lo más real a como el trabajador siente la misma (Hena Robledo, 2014).

Al evaluar las vibraciones, se considera la ponderación de frecuencia como un factor importante, pues integra todos los rangos de frecuencia e incluso aquellos con potencial de dañar más a las personas en relación a las diferencias sensoriales de cuerpo humano. Es así que Falagán Rojo (2008) afirma que al medir la vibración en una dirección específica, se evalúa el nivel de vibración tomando en cuenta todas las frecuencias presentes en el rango de análisis. Esto implica que las frecuencias en las que el cuerpo humano es más receptivo tienen un mayor impacto en la ponderación que aquellas en las que la sensibilidad corporal es menor. La sensibilidad a las vibraciones varía en función de la frecuencia y el eje de transmisión; para las vibraciones de cuerpo entero (VCE), el rango de frecuencias se encuentra entre 4 y 8 Hz.

2.1.10. Afectaciones de la vibración transmitida al cuerpo humano

Las afectaciones a la salud de los trabajadores por exposición a vibraciones mecánicas en los segmentos mano – brazo, puede generar en las personas “trastornos de los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores” (Griffin, 2012).

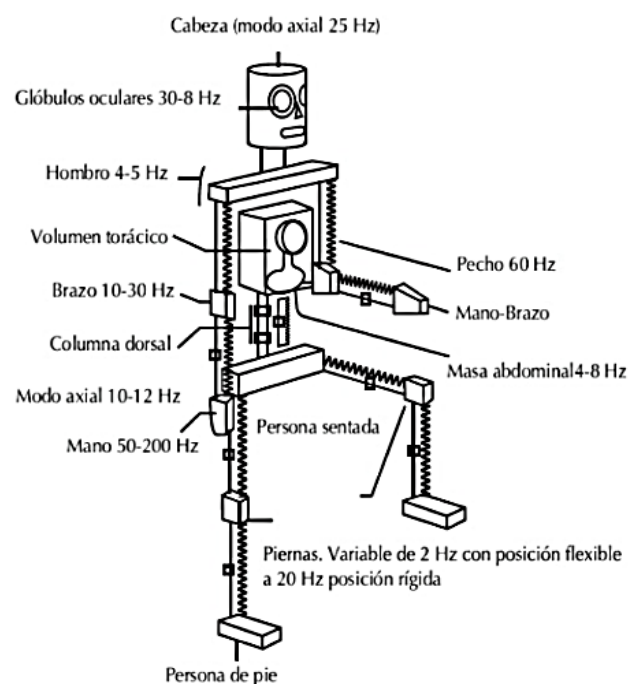
La sobreexposición se debe a la repetición recurrente o continuada de una actividad del trabajador que genera lesiones en las extremidades superiores, por lo que en muchos casos los trabajadores presentan frustración, bajo rendimiento y dolor de la zona afectada. Quien se encuentra expuesto a una fuente vibratoria puede experimentar problemas en su salud como alterar su capacidad de concentración y pérdida de habilidad para la coordinación motriz y mental. Cada ser humano es diferente uno de otro, por lo que es muy difícil generalizar la

afectación que ocasiona las vibraciones en los trabajadores. Dependerá mucho del nivel de vibración, el tiempo de exposición y el grado de resistencia del ser humano frente a esa exposición (Hena Robledo, 2014).

A continuación, se muestra en la Figura 10 una representación gráfica de las frecuencias de resonancia.

Figura 10

Representación gráfica de frecuencias de resonancia



Nota. Adaptado de *Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales* (p.174), por Hena Robledo,(2014), ELIBRO (elibro.net/es/ereader/utnorte/114361). C.

Analizando la imagen se evidencia que la zona abdominal y torácica tiene una frecuencia de resonancia en un rango de 4 a 8 Hz, otra zona de importancia es la de mano y brazo, que se tiene una frecuencia de resonancia en un rango de 10 a 30 Hz y finalmente el cráneo junto con el cuello tiene una frecuencia de resonancia de alrededor de los 25 Hz es en este nivel cuando genera un daño, por lo que es importante prestar mucha atención a cada zona corporal con su respectiva frecuencia de resonancia de vibración que recibe.

2.1.10.1. Afectaciones al sistema mano-brazo

A continuación, se detallan algunas patologías importantes por una elevada exposición a vibraciones en los segmentos de las manos y los brazos:

Sistema circulatorio (Síndrome del dedo blanco). Esta patología, según Rivas López (2018) es “una respuesta anormal al frío por parte de la circulación periférica”; la sintomatología característica de esta enfermedad se presenta habitualmente en trabajadores que manipulan herramientas manuales rotativas por lo que existe escaso o nulo flujo de sangre hacia las diferentes falanges de las manos.

Daño nervioso sensorial. Al hablar de esta patología es evidente que la principal afectación es a nivel de los nervios sensoriales los cuales se verán atrofiados y perderán su respuesta frente al tacto y la temperatura, ocasionando que las personas experimenten entumecimiento y piquetes en las palmas de las manos y en casos de mayor gravedad, pérdida de respuesta motriz (Hena Robledo, 2014).

Daños en las articulaciones superiores. La principal alteración que generan las vibraciones a nivel muscular y óseo de las extremidades superiores es la reducción sustancial de la fuerza de agarre, pérdida de motricidad fina, osteoporosis, entre otras (Rivas López, 2018).

2.1.10.2. Afectaciones al cuerpo entero

De igual forma la exposición continuada a vibraciones mecánicas globales acarrea una serie de afectaciones a la salud de las personas, ciertas afectaciones más representativas son las que se detallan a continuación:

Malestar. Es evidente cuando una persona entra en contacto con una fuente vibratoria esta le ocasionará un malestar en el cuerpo, el mismo que dependerá de cuatro factores importantes para determinarse el nivel de afectación como son el tiempo de exposición, la frecuencia y la dirección de la vibración, adicionalmente se debe conocer la vía de entrada de

la vibración al cuerpo. El malestar en el cuerpo del trabajador es proporcional al nivel de vibración transmitida al organismo, dicho de otra manera, a mayor nivel de exposición de vibración mayor será el malestar que experimente la persona (Griffin, 2012).

Interferencia con la actividad. Este apartado analiza como las vibraciones mecánicas pueden generar problemas en el trabajador a nivel fisiológico y cognitivo, cuando estas vibraciones mecánicas ingresan al cuerpo se producen alteraciones en el funcionamiento de los ojos u oídos; de igual forma se afectará la parte motora en la operatividad de los mandos y finalmente, puede alterar la capacidad de respuesta cognitiva, ocasionando falencias en la toma de decisiones que requieren un nivel de razonamiento más profundo (Griffin, 2012).

2.1.11. Riesgos en la columna vertebral

Se ha evidenciado que la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo completo produce daños a la columna vertebral cuando un trabajador ha estado bajo esta fuente de energía física por muchos años en su puesto de trabajo; además, esto se potencializa cuando la maquinaria está en campo realizando actividades de construcción vial y movimiento de tierra, donde el terreno es irregular y por ende las vibraciones aumentan.

Según Griffin (2012) determina que la parte afectada de mayor recurrencia frente a la exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo completo es “la región lumbar de la columna vertebral, seguida de la región torácica y el cuello” (p.7).

En su publicación Falagán (2008) contextualiza que “al mantener una exposición continuada a vibraciones mecánicas de cuerpo completo la principal zona de afectación es la parte lumbar, presentando cuadros de dolor y patologías como lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, de cuello u hombro” (p.192).

2.1.12. Analizador de vibraciones

El vibrómetro es un equipo portátil que permite realizar mediciones de vibración para el sistema mano-brazo y de cuerpo entero, este dispositivo está diseñado para satisfacer los

requerimientos propuestos por la normativa vigente de protección y prevención de riesgos laborales por exposición de los trabajadores.

Figura 11

Analizador de vibraciones HD 2030



Nota. Vibrómetro HD2030 y acelerómetro triaxial [Fotografía]. Fuente: Elaboración propia.

El analizador de vibraciones que se utilizó en esta investigación fue el HD2030, como se estipula en su manual el equipo garantiza que sus mediciones estén dentro de los parámetros que dicta la legislación de prevención de riesgos laborales y su uso es profesional.

En el manual de funcionamiento del (HD2030 Delta OHM, 2014) se establecen las aplicaciones a las que se le puede dar a este equipo:

- a. Evaluar las vibraciones parciales transmitidas al sistema mano-brazo por entrar en contacto con herramientas que generen vibración o impactos.
- b. Evaluar las vibraciones globales transmitidas a todo el cuerpo por la utilización de medios de transporte o de carga.
- c. Evaluar las vibraciones que ingresan a todo el cuerpo mediante edificaciones bajo fuerzas de vibración continuas o de impacto.
- d. Análisis de las vibraciones en las frecuencias de bandas de octava o tercios de octava

2.1.13. Medición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero

Siguiendo lo recomendación de la norma NTE INEN-ISO 2631-1 la investigación esta direccionada a evaluar las afectaciones a la salud de los trabajadores expuestos a vibraciones, por esta razón el procedimiento a seguir será el que evalúa la salud y el confort, este proceso se centra en la medición de las aceleraciones equivalentes ponderadas para cada uno de los ejes basicéntrico por los que la vibración ingresa al organismo.

El rango de frecuencias con el que se aplicará para el análisis de la salud está comprendido entre los 0,5 Hz a 80 Hz.

Antes de la toma de datos, hay que determinar en qué unidades se expresarán los datos con el analizador de vibraciones para su correcta configuración de medida, para el cálculo del desplazamiento se usarán los metros, la velocidad se aplican los metros/segundos y, finalmente, para el cálculo de la aceleración se usarán los metros sobre segundos al cuadrado, siendo la aceleración la más usada y recomendada para medir las vibraciones para casos de salud y confort.

2.1.14. Ponderación para vibraciones mecánicas de cuerpo entero

Las ponderaciones recomendadas para el análisis de la vibración a operadores de maquinaria pesada frente a problemas en la salud de los trabajadores serán, para vibraciones que ingresan verticalmente por el eje “z” se usará una ponderación W_k y para las vibraciones que ingresan lateralmente por los ejes “x” y “y” se recomienda usar una ponderación W_d .

A cada ponderación de frecuencia le corresponde un factor multiplicador K, el cual está en función del eje basicéntrico por donde ingresa a vibración al cuerpo humano, para ello se detalla en la Tabla 1 los factores multiplicadores que se aplicarán para la evaluación de las vibraciones para trabajadores que realizan sus actividades en posición sentado.

Tabla 1

Factores multiplicadores para personas sentadas

Ejes ortogonales	Ponderación en frecuencia	Factores multiplicadores
Eje X: Asiento	W_{d_i}	$K = 1,4$
Eje Y: Asiento	W_{d_i}	$K = 1,4$
Eje Z: Asiento	W_{k_i}	$K = 1$

Nota. Adaptado de *Manual de usuario analizador de vibraciones*, por (HD2030 Delta OHM, 2014). Fuente. Elaboración propia.

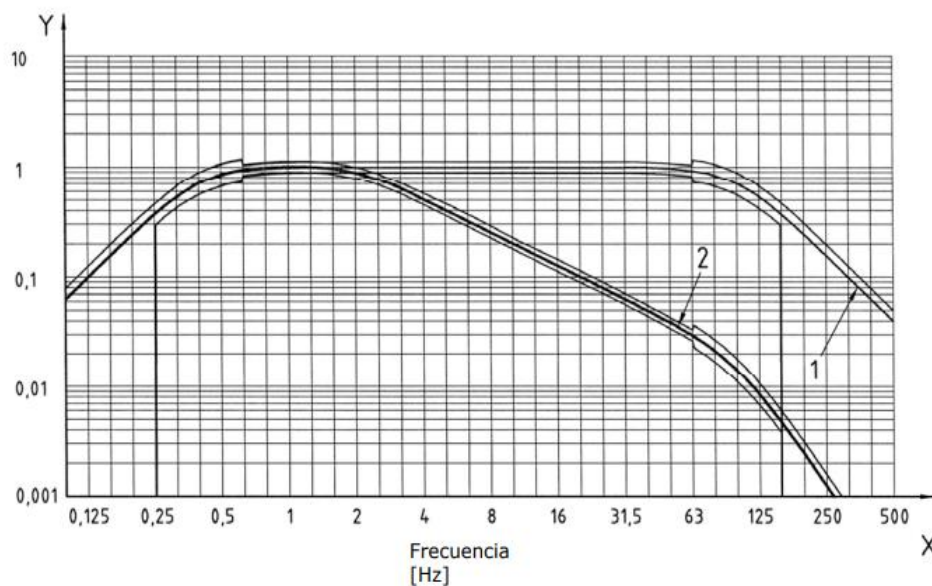
2.1.15. Filtros de ponderación para posición sentado

2.1.15.1. Filtro de ponderación W_d

A continuación, se presenta la Figura 12. Donde se detalla las curvas para la medición de la aceleración ponderada en los ejes “X” y “Y” con un factor multiplicador de $K=1,4$; para trabajos en posición sentada.

Figura 12

Curva de ponderación W_d para superficie del asiento



Nota. Adaptado de *Manual del usuario. Filtro de ponderación W_d* (p.133), por Delta OHM HD2030,(2014), Fuente: (manualslib.es/manual/388029/Delta-Ohm-Hd2030.html). CC.

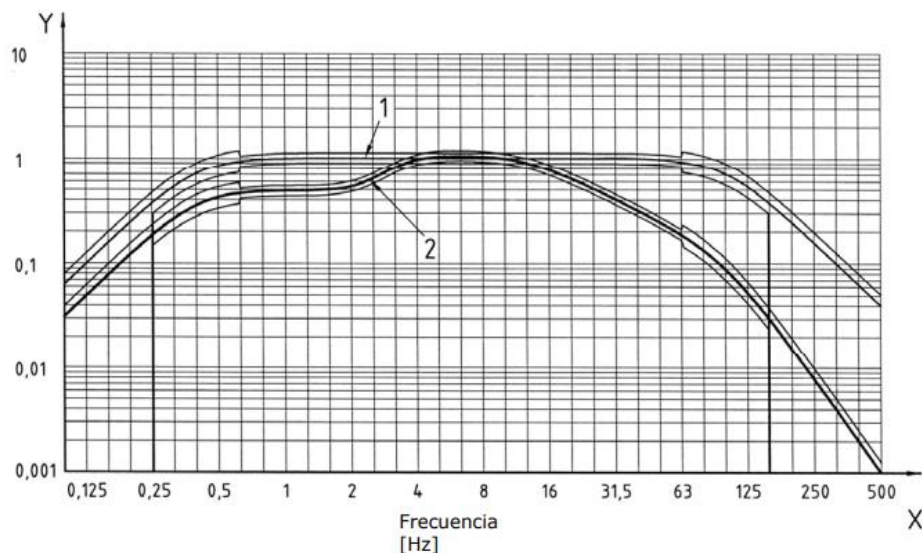
2.1.15.2. Filtro de ponderación W_k

En la Figura 13. Se presentada las curvas para la medición de la aceleración ponderada el eje “Z” con un factor multiplicador $K=1$, en trabajos que se realizan en posición sentada.

Las aceleraciones de la vibración que ingresan por este eje son consideradas las de mayor afectación para el cuello y cabeza, por lo que las personas expuestas a altos niveles de vibración en este sentido presentan problemas de concentración, pérdida del equilibrio, trastornos de sueño, problemas digestivos y dificultad para la realización de procesos cognitivos que demanden un alto grado de concentración y procesamiento de información

Figura 13

Curva de ponderación W_k para superficie del asiento



Nota. Adaptado de *Manual de usuario. Filtro de ponderación W_k* (p.135), por Delta OHM HD2030,(2014), Fuente: (manualslib.es/manual/388029/Delta-Ohm-Hd2030.html). CC.

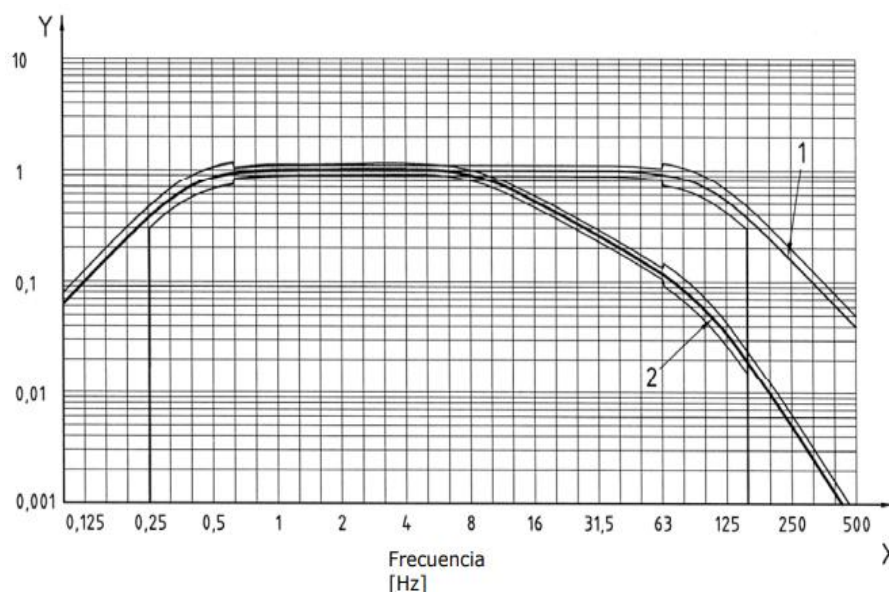
2.1.15.3. Filtro de ponderación W_c

Finalmente se muestra la Figura 14. Donde se representa como recomendación de medición de la aceleración ponderada para el eje “X” en el respaldo del asiento, con un factor multiplicador $K=0,8$ para trabajos en posición sentada.

Según menciona la normativa ecuatoriana correspondiente a vibraciones mecánicas de cuerpo entero (2014) se fomenta realizar mediciones en el eje x del espaldar usando la ponderación de frecuencia W_c con $k = 0,8$. No obstante, considerando la escasez de evidencia que demuestre el efecto de este movimiento sobre la salud, no se incluye en la evaluación de la severidad de la vibración presentada en el Anexo B de la norma.

Figura 14

Curva de ponderación W_c para respaldo del asiento



Nota. Adaptado de *Manual de usuario. Filtro de ponderación W_c* (p.133), por Delta OHM HD2030,(2014), Fuente: (manualslib.es/manual/388029/Delta-Ohm-Hd2030.html). CC.

2.1.16. Valores límite permitidos (TLV (Threshold Limit Values))

La investigación se fundamenta en estricto cumplimiento de la normativa nacional del Ecuador, como menciona el Decreto Ejecutivo 2393 (2003), estipula que en ambientes laborales en los que exista contaminación por exposición a vibraciones la prevención debe enfocarse a mitigar como primera acción en la fuente generadora, segunda acción en la emisión de la fuerza física, como tercera acción preventiva estará enfocada en la transmisión del factor de riesgo y si todas estas medidas no fueron suficientes para mitigar el nivel de vibración es

preciso dotar al trabajador de equipos de protección personal específicos para este factor de riesgo.

En Ecuador al no contar con límites fijados para la exposición a vibraciones se aplican los de uso internacional de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists de Estados Unidos de Norte América para una exposición de 8 horas diarias.

Threshold Limit Values (TLV) los cuales nos servirán para realizar los cálculos y establecer las medidas preventivas. A continuación, en la Tabla 2. Se describen los índices TLV para la exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo.

Tabla 2

Valores que dan lugar a una acción y valores límite

	Valor que da lugar a una acción	Valor límite
Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo	2,5 m/s ²	5 m/s ²
Vibraciones transmitidas al cuerpo entero	0,5 m/s ²	1,15 m/s ²

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2009).

2.1.17. Cálculos del A (8) de exposición diaria con una sola fuente

A partir de la determinación de los datos medidos con el vibrómetro se obtiene las aceleraciones ponderadas en frecuencia para cada eje basicéntrico $a_{wx'}$, $a_{wy'}$, $a_{wz'}$, con los cuales, se calcula el total de vibración que se encuentra expuesto cada trabajador en cada maquinaria pesada durante su jornada laboral, con la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i} = k_l a_{wli} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$A_x(8) = 1,4 * a_{wx} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$A_y(8) = 1,4 * a_{wy} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$A(8) = a_{wz} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Alcanzados satisfactoriamente los cálculos se tomará el valor máximo calculado de cada aceleración ponderada en frecuencia para cada eje ortogonal para compararlos con los valores de referencia citados en el apartado anterior.

$$A(8) = \max. [A_x(8), A_y(8), A_z(8)] \quad \text{Ecuación 5}$$

2.1.18. Cálculos del A (8) de exposición diaria con varias fuentes

Por su parte el procedimiento para el cálculo de exposición sobre vibración de cuerpo completo con varias fuentes inicia determinando la aceleración eficaz ponderada para cada eje $a_{wx'}$, $a_{wy'}$, $a_{wz'}$ por separado y posteriormente se obtiene el valor de la Aceleración para 8 horas $A_{x,i}(8), A_{y,i}(8), A_{z,i}(8)$ y finalmente se calcula la exposición global en cada eje siguiendo las siguientes ecuaciones.

$$A_x(8) = \sqrt{A_{x,1}^2(8) + A_{x,2}^2(8) + \dots + A_{x,n}^2(8)} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$A_y(8) = \sqrt{A_{y,1}^2(8) + A_{y,2}^2(8) + \dots + A_{y,n}^2(8)} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$A_z(8) = \sqrt{A_{z,1}^2(8) + A_{z,2}^2(8) + \dots + A_{z,n}^2(8)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Según menciona el INSHT (2009, p. 5) se debe tomar el valor máximo de entre estos valores, como valor de la exposición diaria y comparar con los índices TLV normados.

2.1.19. Maquinaria pesada evaluada

El sector de la fabricación de maquinaria pesada tiene una amplia trayectoria a nivel mundial y se ha consolidado como una pieza clave para el desarrollo de las naciones. En particular las adecuaciones e innovaciones en estos equipos han contribuido al avance tecnológico con el que cuentan en la actualidad los diferentes tipos de maquinarias. La fabricación mundial de maquinaria destinada a la construcción y agricultura, se encuentra fuertemente concentrada, considerando a las grandes corporaciones como John Deere, Caterpillar, Komatsu, Case, New Holland, Volvo, entre otras. Empresas que se encuentran entre los líderes de fabricación de maquinaria con motores a diésel y avanzada tecnología en su construcción (ProArgentina, 2005a).

Se define a la maquinaria de construcción y agrícola como el conjunto de máquinas y equipos empleados en diversas tareas y operaciones relacionadas con la construcción vial y la agricultura. Este tipo de maquinarias se caracterizan por un motor de combustión y sistema de transmisión que le permite desplazarse por el campo durante la ejecución de sus labores (Ortiz-Cañavate et al., 2012).

En relación con las definiciones citadas anteriormente, la Prefectura de Imbabura cuenta con los siguientes tipos de maquinaria pesada:

Motoniveladoras. Son maquinas automotoras que sirven principalmente para nivelar el suelo, desbroce de maleza y conformación de cunetas (ASALE & RAE, 2022b).

- Las maquinarias identificadas con el número de disco 08-50 y 08-49 son de marca John Deere, serie 670G del año 2009, con potencia de motor de 118-157 kW, su hoja cuenta con una fuerza de arrastre de 12800 kilogramos; este tipo de maquinara la Prefectura de Imbabura cuenta con 2 unidades.

- La maquinaria con número de disco 08-35 de marca Komatsu, serie GD511A del año 2000, la potencia del motor este modelo es de 101 KW, la capacidad de arrastre de la hoja es de 5585 kilogramos.
- La Maquinaria con número de disco 08-56 de marca Caterpillar, serie 140K del año 2014, posee un motor con potencia de 128 KW, la hoja tiene una capacidad máxima de arrastre de 10491 kilogramos.
- La maquinaria identificada con número de disco 08-45 de la marca Case, de modelo serie 845 del año 2007, cuenta con un motor de 119 KW, la capacidad para arrastre de la cuchilla es de 14430 kilogramos.

Rodillos compactadores de suelo. Es una maquinaria de gran peso, que cuenta con un cilindro muy pesado de hierro, que se hace rodar para allanar y apretar la tierra o para consolidar el firme de las carreteras (ASALE & RAE, 2022c).

- El equipo identificado con el número de disco 08-40 de la marca Vibromax, de modelo serie M32 del año 2007, está equipado con un motor de 125 KW, el tambor metálico para la compactación del suelo tiene un peso de 6300 kilogramos y la anchura del tambor es de 2,10 metros.
- El equipo identificado con el número de disco 43-05 de marca Caterpillar, modelo serie CS56B del año 2014, cuenta con un motor de 117 KW y la velocidad máxima es de 11 Km/h, esta versión el tambor metálico de compactación pesa 6225 kilogramos y el rango de trabajo es de 2,13 metros.
- Por su parte, el tercer equipo identificado con el número de disco 43-SA de la marca Caterpillar, modelo serie CS583D del año 2001, está equipado con un motor de 114 KW, que le permite alcanzar una velocidad máxima de 12,7 Km/h, el tambor metálico compactador tiene un peso de 9650 kilogramos y el rango de trabajo es de 2,13 metros.

Retroexcavadoras. La retroexcavadora, es una maquinaria de construcción utilizada en la construcción de caminos, desbroce de suelo y excavación. Su utilización está orientada a la creación de cimientos, sistemas de drenaje, tuberías y otras aplicaciones (IPESA, 2023).

- En este tipo de maquinaria la Prefectura de Imbabura cuenta con dos unidades identificadas con el número de disco 08-43; 08-44 para el modelo B95B y una con disco 08-10 de modelo B110 de marca New Holland año 2009, los tres equipos comparten las mismas especificaciones técnicas de trabajo, que incorporan motor de 68 KW, alcanzando la velocidad máxima de 38,8 km/h, en estos equipos la pala frontal tiene capacidad de carga de 0,88 metros cúbicos, además, su brazo posterior telescópico permite realizar trabajos a una distancia máxima de 10 metros.

Mini cargadoras. Estos equipos se caracterizan por ser cargadores de dimensiones compactas, montados sobre un chasis con neumáticos u orugas. La principal ventaja de esta maquinaria radica en su tamaño reducido y su capacidad de giro, lo que le permite operar en lugares con limitaciones de espacio de manera efectiva (IPESA, 2020).

- Esta maquinaria está identificada con el número de disco 08-52 marca New Holland modelo L185 del año 2009, esta provisto por un motor de 58KW, que le permite alcanzar una velocidad máxima de 11,1 Km/h, su accesorio principal es la pala cargadora que tiene una capacidad máxima de 0,43 metros cúbicos, logrando elevar la carga hasta los 3,84 metros.
- El segundo modelo de este equipo esta identificada por el número de disco 38-01, es de marca Bob Cat modelo serie S300 del año 2010, esta versión cuenta con un motor de 58 KW con el que puede alcanzar 11,6 km/h de velocidad máxima, la capacidad de carga de este modelo es de 1,4 metros cúbicos de material, la altura máxima de elevación y descarga de material es de 3,27 metros.

Tractor Bulldozer. Se trata de un equipo de gran tamaño que cuenta con una alta potencia de empuje, ya que cuenta con una pala frontal fabricada en acero, la misma, que le permite abrir camino y retirar obstáculos con facilidad (ASALE & RAE, 2022a).

- La maquinaria identificada con el número de disco 08-30 corresponde al Tractor Bulldozers modelo D8R marca Caterpillar del año 1988, cuenta con un motor de 226 KW logrando alcanzar la velocidad máxima de 10,8 km/h, cuenta con una pala frontal de 4,4 metros y un Ripper en la parte posterior de 3 falanges que le permite desbrozar el suelo mientras empuja el material, este quipo está ensamblado sobre un tren de rodaje con orugas de acero.
- El segundo Bulldozers es el roturador identificado con el número de disco 08-10 de la marca Caterpillar modelo D6R del año 1998, está equipado con un motor de 123 KW, con el que puede alcanzar la velocidad máxima de 11,9 Km/h, la pala frontal mide 4,9 metros, este modelo no cuenta con Ripper posterior.

Excavadora. Es una maquinaria destinada para el movimiento de tierras y otros materiales. Este es un equipo autopropulsado, lo que le permite moverse libremente de un lugar a otro y la principal ventaja es que su cabina y brazo telescópico puede girar 360 grados (MotorGiga, 2023).

- Este equipo está identificado con el número de disco 33-01 es de marca Caterpillar modelo serie 320DL del año 2011, esta provisto por un motor de 103 KW; que le permite alcanzar una velocidad máxima de 5,5 Km/h. El brazo telescópico puede extender su trabajo hasta los 8,83 metros y el cucharón tiene una carga máxima de 0,9 metros cúbicos de material.

Cargadora Frontal. Es una maquina versátil utilizada para la excavación de terrenos como para la carga y descarga de diversos materiales. Está equipada con dos brazos articulados, en cuyos extremos se encuentra una pala que puede girar sobre su propio eje. La forma

particular de la pala se adapta a las necesidades específicas de manipulación de materiales, e incluso puede ser reemplazada por otros accesorios que se requieran en campo (MotorGiga, 2023).

- Finalmente, la Prefectura de Imbabura cuenta con una cargadora identificada con el número de disco 08-45 de la marca Hyundai modelo HL740-7, este modelo tiene un motor de 104,4 KW de potencia, que permite alcanzar la velocidad máxima en carretera de 38,2 Km/h, su cucharón tiene 2,55 metros de ancho, lo cual permite una capacidad máxima de carga de 2,1 metros cúbicos de material.

2.1.20. Medición de la carga postural

2.1.20.1. Método (REBA) Rapid Entire Body Assessment

El método REBA fue creado e impulsado bajo unos objetivos muy claros, donde su prioridad radica en que es un sistema de análisis postural específico para evaluar la carga estática o dinámica de los trabajadores, en una amplia gama de combinaciones de tareas que se desarrollan en los puestos de trabajo y que en el tiempo pueden desencadenar en trastornos musculoesqueléticos (Hignett & McAtamney, 2000).

El método REBA, según la NTP 601, (2001) es una técnica ergonómica utilizada para evaluar la exposición de los trabajadores a riesgos musculoesqueléticos relacionados con las posturas y movimientos en el entorno laboral. Este método se enfoca en la observación detallada de las tareas laborales, considerando factores como postura del cuerpo, la fuerza requerida y las características de trabajo. REBA, busca identificar situaciones en las que los trabajadores puedan estar expuestos a riesgos de lesiones musculoesqueléticas debido a posturas incómodas o movimientos inadecuados.

En el Anexo 8. Se detalla el procedimiento de evaluación del método REBA bajo la NTP 601, recomendado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. El cual permite la identificación y mitigación de factores que pueden causar lesiones

osteomusculares, promoviendo así un entorno de trabajo más seguro y saludable para los operadores de maquinaria pesada.

2.1.21. Norma NTE-ISO 2631-1

La norma NTE INEN-ISO 2631-1, (2014) establece las pautas y criterios para evaluar la exposición de las personas a vibraciones transmitidas al cuerpo humano durante actividades laborales o recreativas. Se centra en la medición y evaluación de las vibraciones en términos de aceleración, velocidad y desplazamiento. Además, proporciona directrices para determinar el impacto de estas vibraciones en la salud y bienestar de las personas. Esta norma ofrece tres métodos específicos para la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VMCE), el primero enfocado a evaluar la afectación de la vibración sobre la salud y el confort del trabajador, el segundo evalúa la probabilidad de la percepción que tiene el trabajador de la vibración y el tercer método evalúa la incidencia de la vibración sobre el mareo de la persona.

En el Anexo 7. Se detalla el procedimiento para evaluar exposición de los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura a VMCE y establecer estándares para garantizar entornos seguros y saludables para los trabajadores.

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

En la sección tercera referente a las formas de trabajo y su retribución, artículo 326, numeral 5, menciona que: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar” (Constitución de la República del Ecuador [Const.], 2021, p. 162).

2.2.2. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

En el Capítulo III referente a las obligaciones de los empleadores, en su Artículo 1 menciona que: “En todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales. Estas medidas deberán basarse, para el logro de este objetivo, en directrices

sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo y su entorno como responsabilidad social y empresarial” (Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo [DECISIÓN 584], 2004, p. 6); además se precisa en los siguientes literales:

Literal d: “Programar la sustitución progresiva y con la brevedad posible de los procedimientos, técnicas, medios, sustancias y productos peligrosos por aquellos que produzcan un menor o ningún riesgo para el trabajador”.

Literal k: “Fomentar la adaptación del trabajo y de los puestos de trabajo a las capacidades de los trabajadores, habida cuenta de su estado de salud física y mental, teniendo en cuenta la ergonomía y las demás disciplinas relacionadas con los diferentes tipos de riesgos psicosociales en el trabajo”.

2.2.3. Convenio de Protección de los Trabajadores Contra Riesgos Profesionales

Uno de los convenios internacionales que el Ecuador tiene firmado es el 148 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) (Organización Internacional del Trabajo), el cual en su Artículo 3, literal C señala que: “El término vibraciones comprende toda vibración transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro” (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1978, p. 2); adema:

De igual forma en el Artículo 7, numeral 2 del mismo convenio internacional es claro en mencionar que:

Los trabajadores o sus representantes tendrán derecho a presentar propuestas, recibir informaciones y formación, y recurrir ante instancias apropiadas, a fin de asegurar la protección contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1978, p. 3).

2.2.4. Código del trabajo

Artículo 410 menciona que: Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida (Código del Trabajo, 2012, p. 104).

Finalmente, el Artículo 425 menciona que: Antes de usar una máquina el que la dirige se asegurará de que su funcionamiento no ofrece peligro alguno, y en caso de existir dará aviso inmediato al empleador, a fin de que ordene se efectúen las obras o reparaciones necesarias hasta que la máquina quede en perfecto estado de funcionamiento (Código del Trabajo, 2012, p. 106).

2.2.5. Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo

Esta normativa en el Artículo 11 establece, “Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas” (IESS, 2003, p. 5), las siguientes:

- a. Cumplir las disposiciones de este Reglamento y demás normas vigentes en materia de prevención de riesgos.
- b. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y el bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.
- c. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.
- d. Entregar gratuitamente a sus trabajadores vestido adecuado para el trabajo y los medios de protección personal y colectiva necesarios.
- e. Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo y la forma y métodos para prevenirlos, al personal que ingresa a laborar en la empresa.

Dar formación en prevención de riesgos al personal de la empresa, atención a los directivos técnicos y mandos medios, mediante cursos regulares y periódicos.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Según menciona Gregorio Rojas (2023) el marco metodológico es un proceso coordinado, con un alto grado de organización y esencialmente que guarde relación con la problemática analizada; para lo cual se integran todos los procedimientos, técnicas e instrumentos que se aplicarán en el desarrollo de la investigación, con la finalidad de dar solución al problema que es objeto de estudio, sin dejar de lado aspectos fundamentales como la naturaleza característica de la temática, los recursos empleados y finalmente el tiempo necesario para ejecutar el proyecto.

En este capítulo, se describe la metodología utilizada en el diseño del proyecto, donde se integra la modalidad y el tipo de la investigación, así como la presentación del grupo de estudio. Además, se incluye una relación entre las dos variables analizadas y se detallan los diversos métodos y procedimientos aplicados durante el desarrollo de la investigación.

3.1. Descripción del área de estudio / grupo de estudio

Localización. Los frentes de trabajo que la Prefectura de Imbabura autorizó, y donde se llevó a cabo las mediciones de niveles de vibración mecánica de cuerpo entero, se encuentran en diferentes localizaciones de la provincia de Imbabura; en la Tabla 3, se detalla la distribución de maquinaria pesada destinada a la realización de actividades en cada frente de trabajo, cabe recalcar debido a la demanda de obras que necesitan ser atendidas, el departamento de vialidad y obra civil de la Prefectura de Imbabura mantiene la rotación de las maquinarias.

En ese sentido, la información presentada corresponde al momento que se realizó las mediciones. Todos estos lugares de trabajo son de fácil acceso por contar con vías de primer, segundo y tercer orden.

Tabla 3*Asignación de maquinaria pesada por frentes de trabajo*

N.º	Frente de trabajo	Tipo de maquinaria	N.º Disco	Orden de trabajo
1	Ibarra	Motoniveladora	08-50	Rehabilitación de vía con desbroce de maleza, relleno, nivelación, compactación y desalojo de material
		Rodillo Compactador	08-40	
		Mini cargadora	08-52	
		Cargadora	08-45	
2	Otavalo	Retroexcavadora	08-43	Nivelación de terreno y perfilado de talud en escuela parroquial
		Motoniveladora	08-49	
3	San Pablo	Rodillo compactador	43-05	Ampliación de camino, conformación de zanjas para riego, nivelado y compactado de la vía
		Motoniveladora	08-35	
		Retroexcavadora	08-44	
4	Urcuquí	Motoniveladora	08-56	Readecuación de camino, desbroce de material, nivelación y desalojo de material
		Rodillo compactador	43-SA	
5	Ambuquí	Tractor bulldozer D8R	08-30	Encause del rio Chota
6	Pimampiro	Motoniveladora	08-23	Nivelación de vía, conformación de cunetas, compactación de vía
		Mini cargadora	38-08	
		Excavadora	33-01	
7	Apuela	Tractor roturador D6R	08-28	Roturar suelo para proyecto de sembrío en junta parroquial, ampliación de camino, carga y descarga de material
		Retroexcavadora	08-10	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15. Se detalla el mapa de la provincia de Imbabura con la localización de los siete frentes de trabajo, donde se realizó la toma de datos muestrales de aceleraciones de frecuencia ponderada, aplicación del cuestionario nórdico Kuorinka y registro digital en video y fotográfico de las actividades del operador.

Figura 15

Localización de frentes de trabajo de la Prefectura de Imbabura



Nota. Adaptado de *Informe de viabilidad y obra civil*, por comunicación personal Ortega W., (2022), Fuente: Prefectura de Imbabura

3.2. Enfoque y tipo de investigación

3.2.1. Enfoque

De acuerdo a lo que menciona Arispe Alburqueque et al., (2020, p. 58) el enfoque cuantitativo se fundamenta en la medición y cuantificación de la investigación, promueve la aplicación de la estadística y datos numéricos.

Para esta investigación el enfoque cuantitativo es primordial y se sustenta en la generación de datos medidos por un equipo sofisticado conocido como vibrómetro el cual mide las frecuencias de aceleración ponderada en unidades de medida metros sobre segundos al cuadrado.

Los datos se procesaron y calcularon para compararse con los valores límites de exposición estipulados en la normativa preventiva española del Real Decreto 1311 del 2005, lo que permitió tomar decisiones según resultados numéricos y formular medidas de prevención encaminadas a mitigar los niveles de vibración a los que están expuestos los operadores de maquinaria pesada.

3.2.2. Tipo de investigación según su finalidad

3.2.2.1. Investigación de campo

Según menciona en su publicación Trejo (2021) la investigación de campo es conocida como aquella que se desarrolla de forma directa, en el lugar donde suceden los hechos que se estudian.

En tal virtud esta investigación se desarrolló en siete frentes de trabajo ubicados en distintas localizaciones de la provincia de Imbabura, aquí las maquinarias entran en funcionamiento bajo condiciones normales propias del medio ambiente y esta es la razón que motivo medir y evaluar el fenómeno en condiciones reales de operatividad, este tipo de investigación permitió al evaluador hacer revisiones de la toma de los datos y en caso de duda se pudo rectificar con la generación de nuevas muestras esto garantizó la fiabilidad de la evaluación.

3.2.2.2. Investigación no experimental

En este sentido, para esta investigación se tomó datos de primera mano, por lo que el investigador no modificó la fuente generadora del fenómeno u otra alteración de las condiciones de trabajo, la finalidad de este tipo de investigación fue mantener en condiciones reales de trabajo y no alterar la variable independiente en estudio.

Según menciona Cabezas Mejía et al., (2018) define a la investigación no experimental es un tipo de investigación que no manipula las variables estudiadas, simplemente se basa en la observación de los fenómenos tal y como suceden en su contexto natural.

3.2.2.3. Investigación transversal

Un aspecto importante a considerar es el tiempo y el número de muestras que se realizó para el estudio del fenómeno. En esta investigación se registró las mediciones en un momento específico del abordaje del estudio, por eso se considera una investigación de diseño transversal en la que sus resultados se basa en el análisis como una variable individual.

La investigación transversal es un tipo de investigación donde se recopila datos en un solo momento y por una sola vez. Su objetivo es describir las variables y estudiar su incidencia en ese momento, a modo de ejemplo es como una fotografía de la problemática que se está estudiando (Cabezas Mejía et al., 2018).

3.2.2.4. Investigación descriptiva

Finalmente, se abordó la investigación de tipo descriptiva en la que de acuerdo a Arispe Alburqueque et al., (2020, p. 71) “permite describir las características, perfiles de una población, comunidad, empresa, etc.” Llevado este concepto a la práctica lo que se busca es describir y explicar la relación existente entre las variables de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero y si estas inciden en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.

3.2.2.5. Hipótesis

La vibración mecánica de cuerpo entero incide significativamente en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos en los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura.

Hipótesis nula (H_0). No hay una asociación significativa entre la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero y los trastornos musculoesqueléticos en operadores de maquinaria pesada.

Hipótesis alternativa (H_1). Existe una asociación significativa entre la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero y los trastornos musculoesqueléticos en operadores de maquinaria pesada.

3.2.2.6. Consideraciones bioéticas

La evaluación de las mecánicas de cuerpo entero en maquinaria pesada plantea diversas consideraciones bioéticas, especialmente por la exposición de personas a niveles significativos de vibración. A continuación, se mencionan algunas de las consideraciones bioéticas relevantes en esta investigación.

Consentimiento informado. Antes de someter a los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura a la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, fue fundamental obtener su consentimiento informado. Esto implicó que cada trabajador recibió información clara y precisa del procedimiento, sus posibles riesgos y beneficios. Los 17 trabajadores que son objeto de análisis en esta investigación dieron su consentimiento libre y voluntario para participar.

Beneficencia y no maleficencia. La evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero se realizó de manera segura sin poner en riesgo la salud e integridad de los participantes, esto implicó seguir los protocolos de seguridad y de prevención de la maquinaria y de los operadores.

Justicia. En esta investigación se garantizó en todo momento que la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero sea justa y equitativa. Esto incluyó evitar la discriminación en la selección de los participantes por edad, sexo, religión, orientación y raza. Se garantizó que todos los operadores de equipos pesados sean tratados de manera justa y que el procedimiento de evaluación sea el mismo para todos los participantes.

Privacidad y confidencialidad. Un aspecto de mucha importancia durante la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, fue respetar y proteger de la privacidad de los operadores. Toda información que se recopiló en esta investigación se manejó de manera confidencial.

3.3. Técnicas de recolección de datos

Dentro de la recolección de datos se aplicó distintas técnicas, las cuales son los procedimientos y herramientas que el investigador utilizó para recabar información relevante y con ello responder a las interrogantes formuladas en la investigación, esto permitió que el investigador pueda contrastar su hipótesis a partir de la información obtenida directamente de los individuos que son objeto de estudio (Arispe Alburqueque et al., 2020).

3.3.1. La observación

Fue la primera instancia que el investigador interactuó directamente con el trabajador y tuvo contacto con la fuente generadora, los diferentes tipos de maquinaria pesada, para la obtención de datos originales y de primera mano que ayudarán mucho para el análisis estadístico de los resultados.

3.3.2. La revisión bibliográfica

Representa un papel importante para la toma de datos, por ello se estudió y analizó la normativa más recomendada para la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero como lo es la ISO 2631-1 de 1997, con su equivalente en el Ecuador la NTE INEN-ISO 2631-1 primera parte de 2014 y complementariamente se revisó la normativa española Real Decreto 1311 del 2005 con la recomendación de la Nota Técnica de Prevención NTP 839 del 2009 del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, estas normas guardan estrecha relación ya que todas aportan en cómo desarrollar proceso evaluativo de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero en trabajadores por exposición a 8 horas de trabajo.

3.3.3. Guía de campo

Con la necesidad de registrar datos de la maquinaria pesada evaluada, datos del operador del equipo pesado, información del frente de trabajo, tiempos de trabajo y el registro de las medidas realizadas por el acelerómetro HD2030 Delta OHM, se desarrolló una guía de campo que permita preservar esta información por puesto de trabajo, convirtiéndose en un instrumento específico para esta investigación.

Esta guía de campo se incluye un primer apartado dirigido al operador donde se registra información: Nombres, edad, tiempo que lleva operando la maquinaria pesada, horario de trabajo, tipo de licencia que posee, tiempo diario destinado al trabajo; como segundo apartado se anota información concerniente a la maquinaria, como el tipo de maquinaria pesada, marca

del vehículo, número de disco identificador del equipo pesado, actividades que realiza con la maquinaria pesada, registro de los datos medidos por el analizador de vibraciones.

3.3.4. Población y muestra

Como define Arispe Alburqueque et al.,(2020), la población es un conjunto de casos que comparten ciertas características específicas y se ubican dentro de un espacio definido. En muchas ocasiones, no resulta viable analizar la totalidad de la población debido a restricciones de tiempo y recursos; en esta investigación el universo tomado será los 17 operadores de maquinaria pesada, a quienes se les aplicó instrumentos de recolección de información útil para la toma de decisiones preventivas.

En la Tabla 4. Se representa la cantidad de equipos que cuenta la Prefectura de Imbabura por cada tipo de maquinaria pesada, esto se demostró con el cálculo de frecuencia; así mismo, se calcula el porcentaje en función de la frecuencia. Con toda esta información se tiene calculado el universo con el cual se trabajó en el desarrollo de la investigación.

Tabla 4

Cálculo de la frecuencia para el tipo de maquinaria

Población	Frecuencia
Operador de motoniveladora	5
Operador de rodillo	3
Operador de retroexcavadora	3
Operador de mini cargadora	2
Operador de tractor bulldozer	2
Operador de excavadora	1
Operador de cargadora	1
Total	17

Fuente: Elaboración propia

Si bien es cierto, cuando se tiene una población muy grande es necesario la toma de una muestra que sea representativa del universo estudiado, pero en este caso particular el universo

fue menor a 100 elementos por lo que estadísticamente no es recomendable la toma de una muestra, y por ende, se utilizó la totalidad de la población que son 17 operadores de maquinaria pesada distribuidos en diferentes tipos de equipos pesados como motoniveladoras, rodillos compactadores, retroexcavadoras, mini cargadoras, tractores bulldozers, excavadoras y cargadoras.

Se realizó una encuesta a los operadores de maquinaria pesada para determinar cuál es la percepción que tienen ante las posibles afectaciones a su salud puntualmente a los trastornos musculoesqueléticos derivados de la exposición por vibraciones mecánicas de cuerpo entero. Así, igualmente se realizó la observación en el lugar de trabajo para establecer las actividades de cada trabajador durante su jornada laboral.

3.3.5. Instrumento de recolección de información

En esta investigación se hace necesario contar con información relevante acerca de la percepción que tiene el operador de maquinaria pesada, frente a la sintomatología del dolor en zonas corporales específicas. Por esta razón se ha diseñado el cuestionario nórdico Kuorinka para la recopilación de información desde el punto de vista subjetivo de molestias que puede sentir el trabajador en su jornada laboral. El objetivo del cuestionario Kuorinka, es recopilar información necesaria para la detección y análisis en su etapa inicial de síntomas en el sistema musculoesqueléticos, en operadores de maquinaria pesada de Prefectura de Imbabura expuestos a vibraciones mecánicas de cuerpo entero.

Cuestionario nórdico estructurado. Este tipo de cuestionario cuenta con fiabilidad demostrada por la comunidad científica, su aplicación garantizó la obtención de datos iniciales en relación a la sintomatología musculoesquelética que adolecen los trabajadores en función de las condiciones ergonómicas a las que se encuentra expuesto la persona en la maquinaria pesada (Kuorinka et al., 1987).

El cuestionario nórdico Kuorinka fue estructurado según el formato que se encuentra en el Anexo 5. En ese sentido, el cuestionario fue respondido por los 17 operadores de equipo pesado que son objeto de análisis en la investigación, esto permitió complementar la investigación y tener una base inicial de los síntomas que puede generar la exposición a niveles de vibración en el desarrollo de TME, de igual forma no se puede apartar el riesgo ergonómico por carga postural, ya que el operador adopta posturas forzadas o inadecuadas durante largos períodos de tiempo.

Este cuestionario se llevó a cabo en los frentes de trabajo donde se desempeñaron las actividades cada operador de maquinaria pesada, en todo momento estuvo presente el investigador para solventar cualquier duda, pero en ningún caso se influyó en desarrollo del cuestionario. Finalmente, el cuestionario es resuelto de forma anónima guardando así el derecho a la privacidad; es así, que no se tiene conocimiento de que trabajador respondió un determinado cuestionario.

3.4. Operacionalización de variables

La definición operacional de una variable es un proceso mediante el cual los investigadores identifican las medidas específicas que utilizarán para medirlas. Esta definición debe ser precisa y concisa, debe incluir los indicadores de la variable, que son las características que se van a medir, las dimensiones de la variable que son los diferentes aspectos que la componen (Bauce et al., 2018).

3.4.1. Operacionalización de la variable independiente

Para medir la variable independiente, las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, se utilizó un analizador de vibraciones provisto de un acelerómetro triaxial debidamente calibrado y certificado para uso, esto permitió al investigador obtener datos fiables de la exposición real de los operadores de equipo pesado frente a las vibraciones mecánicas; además, en función de dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación, se aplicó el primer método

recomendado por la NTE INEN-ISO 2631-1 para determinar las afectaciones a la salud producto de la exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero.

El cual está enfocado a evaluar los efectos de la vibración en la salud de los operadores de equipos pesados, centrándose en la identificación de las afectaciones en personas que realizan trabajos sobre vehículos en movimiento, fundamentando que este método debe ser aplicado a personas en condiciones óptimas de salud para detectar las posibles afectaciones. Este método permite establecer las bases para la evaluación de las vibraciones ya que en primera instancia se debe calcular los niveles de aceleración de frecuencias pondera y comparar con límites de exposición.

Tabla 5

Variable independiente. Vibraciones mecánicas de cuerpo entero

Concepto	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Vibraciones mecánicas de cuerpo entero, son aquellas que se generan en la maquinaria pesada pero que son transmitidas al cuerpo humano por contacto con el asiento de la maquinaria pesada	Intensidad de la vibración	Nivel de exposición a las vibraciones, medido en unidades de aceleración	Cuál es la cantidad y por qué eje basicéntrico ingresa mayor cantidad de vibración al cuerpo humano	T: Observación / Registro I: Analizador de vibraciones HD203 de la marca Delta OHM
	Frecuencia de la vibración	Frecuencia de las vibraciones, medida en Hertz (Hz)	Cuál es el rango de frecuencia de vibraciones que el operador está expuesto	T: Observación / Registro I: Analizador de vibraciones HD203 de la marca Delta OHM
	Duración de la vibración	Duración de la exposición a las vibraciones, medida en horas	Cuanto es el tiempo real que el operador está expuesto a las vibraciones	T: Observación / Registro I: Analizador de vibraciones HD203 de la marca Delta OHM

Nota. Adaptado de Arispe Alburqueque et al., (2020, p. 55). Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Operacionalización de variable dependiente

Para medir la variable dependiente, referente a los TME, igualmente se pueden utilizar diferentes métodos como cuestionarios estructurados, historias clínicas de los trabajadores,

fichas médicas, escalas de dolor. En esta investigación se utilizó el método de evaluación ergonómica para determinar si los trabajadores presentan problemas en su sistema osteomuscular a razón de la postura en la que desarrollan sus actividades como operadores de maquinaria pesada.

Tabla 6

Variable dependiente. Trastornos musculoesqueléticos (TME)

Concepto	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Incidencia en el desarrollo de trastornos músculo esqueléticos por exposición a vibraciones mecánicas que genera la maquinaria pesada	Dolor en miembros corporales de los trabajadores	Dolor en el cuello, miembros superiores, dorsal o lumbar, miembros inferiores	Con que frecuencia padece dolor o molestias en los miembros corporales	T: Encuesta I: Cuestionario nórdico estructurado
	Inflamación en miembros corporales de los trabajadores	Inflamación en el cuello, miembros superiores, dorsal o lumbar, miembros inferiores	Cuánto dura los episodios inflamatorios de los miembros corporales	T: Encuesta I: Cuestionario nórdico estructurado
	Posturas forzadas que afectan la biomecánica de los trabajadores	Nivel de riesgo y actuación necesarias para una intervención	La adopción de posturas por prolongados periodos de tiempo desarrolla patologías osteomusculares	T: Evaluación ergonómica I: Método de REBA

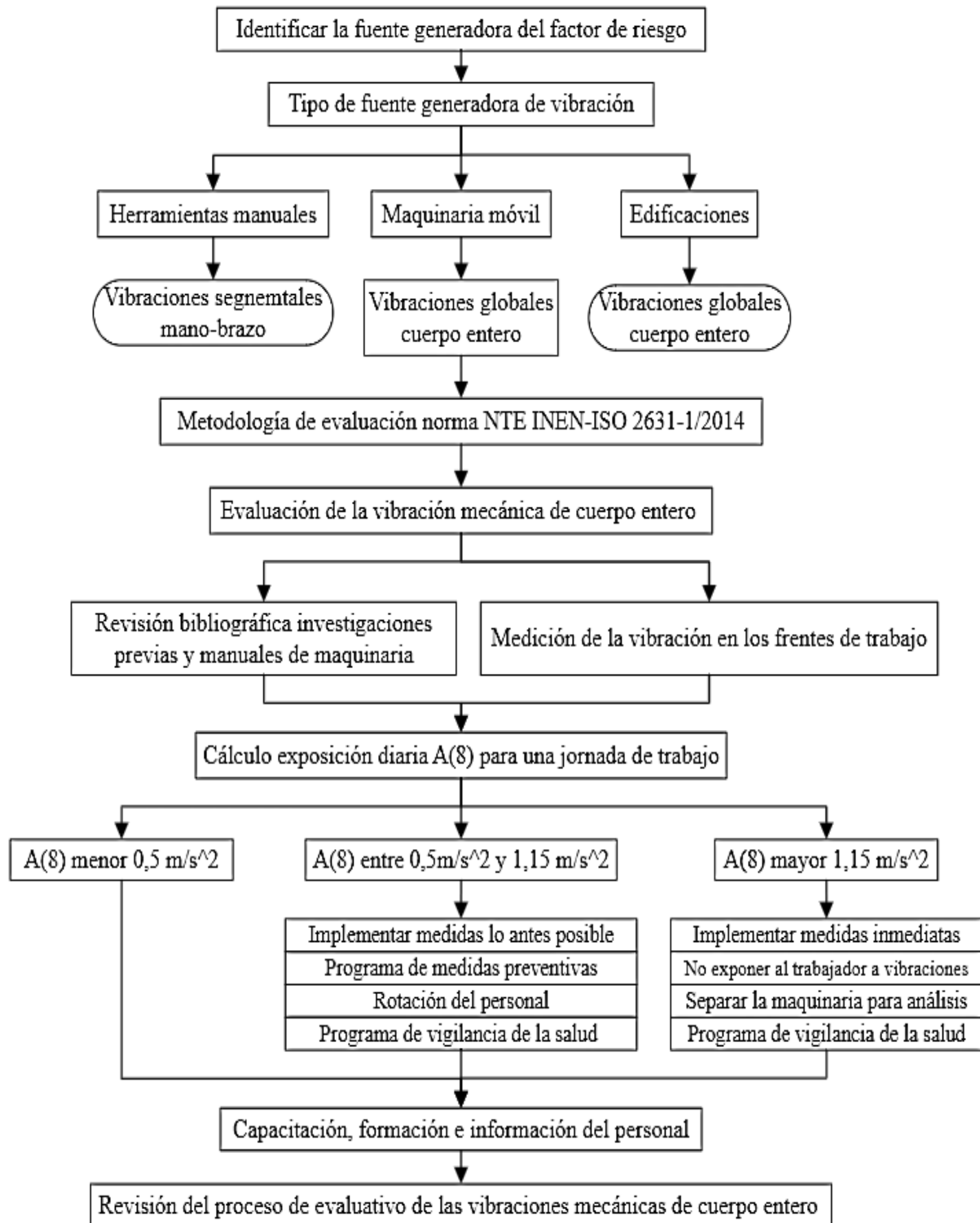
Fuente: Adaptado de Arispe Alburquerque et al., (2020, p. 55).

El flujograma presentado en la Figura 16. Describe el proceso de evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero que recomienda seguir el Real Decreto 1311 del 2005, lo que permitió seguir un proceso ordenado en que se contempló situaciones particulares de cada tipo de maquinaria pesada.

3.5. Flujograma

Figura 16

Resumen del proceso de evaluación




Fuente: Adaptado de (Aitemin, 2010).

3.6. Equipos de medida

Los equipos necesarios para la correcta valoración y registro de las vibraciones mecánicas expuestas por los operadores de maquinaria pesada son el analizador de vibraciones HD2030 DELTA OHM y el acelerómetro triaxial 356B41/NC. Estos equipos cuentan con certificación de conformidad del fabricante que avalan que los equipos superen satisfactoriamente los análisis de fabricación y pruebas de calibración realizadas por un laboratorio certificado internacional, garantizando así la fiabilidad de los datos medidos.

Figura 17

Características del analizador de vibraciones HD2030

	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estadísticos: Se realizan en un parámetro de medida seleccionado según clases de 1dB. Se puede ver la distribución de probabilidad y e gráfico de los niveles percentiles. • Campo de medida: $0,1 m/s^2 \div 7000 m/s^2$ con acelerómetro Dytran 3023A2 para mediciones de cuerpo entero. • Campo lineal: tres campos de medida de 80 dB superpuestos para 70dB. • Convertidos digital: Cuatro convertidores analógicos – digitales con resolución de 25 bit según 8k muestras por segundo. • Niveles de ruido intrínseco: Menor que $30 mm/s^2$ con acelerómetro Dytran 3023A2 para mediciones de cuerpo entero. • Visualizador: Gráfico retroiluminado 126x64 pixeles, grande. <p>Pantallas:</p> <ul style="list-style-type: none"> VLM1: Tres parámetros de medida seleccionados para todos los canales. VLM2: Tres parámetros del vector de aceleración calculados en canales de entrada triaxial. VLM3: Tres parámetros globales seleccionados para todos los canales. VLM4: Tres parámetros globales del vector de aceleración calculados en canales de entrada triaxial. <p>PERFIL: Perfil gráfico de un parámetro con intervalo de integración programable de 1 segundo hasta 1 hora, calculado simultáneamente para todos los canales.</p> <p>ESPECTRO: Espectro para bandas de octava y tercio de octava con recalcado de un filtro de banda seleccionado, calculado simultáneamente para todos los canales. Se puede visualizar la aceleración, la velocidad y el movimiento.</p> <p>ESTADÍSTICA: Distribución de probabilidad del parámetro seleccionado para la visualización perfil.</p> <p>PERCENTILES: Gráfico de los niveles percentiles que se refieren al parámetro seleccionado para la pantalla perfil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memoria: Tipo flash interna de 8MB y conector para ficha de memoria tipo SD hasta 2 GB. • Interfaz: Serial tipo RS232 y USB. • Entrada/Salida: Salida tipo LINE para cada canal: 2Vpp F.S. Entrada TRGIN aislada eléctricamente: Usada como gatillo para dispositivos externos. Salida TRGOUT: Lógica de 3V usada como salida de gatillo para dispositivos externos.
--	--

Nota. Adaptado de *Manual del Usuario. Analizador de Vibraciones*, por Delta OHM

HD2030,(2014), (manualslib.es/manual/388029/Delta-Ohm-Hd2030.html). CC.

El analizador de vibraciones cumple con los requerimientos exigidos por la normativa ISO 2631-1/1997. Así, garantiza ser un equipo idóneo para analizar las vibraciones mecánicas de cuerpo entero que afectan al personal de maquinaria pesada.

El analizador (HD2030 Delta OHM, 2014) es capaz de realizar análisis completo y en simultáneo para cada eje ortogonal (X, Y, Z), dando una ventaja al evaluador a la hora de realizar las mediciones, reduciendo tiempo y facilitando el procesamiento de la información en cada eje. Este equipo tiene una gama de configuraciones que le permite calcular la señal de vibración para: RMS, Máx., Pico, Pico a Pico, VDV, MTVV, estas configuraciones pueden ser almacenadas la memoria del equipo.

La fase previa a utilizar el analizador de vibraciones HD2030, es configurar cada parámetro necesario para evaluar las vibraciones mecánicas de cuerpo completo, la recomendación con este equipo es programar la unidad de medida con la que se captara la señal para aceleraciones usaremos m/s^2 , luego se asigna la ponderación y el factor multiplicador correcto para trabajos en posición sentada para cada eje y se guarda las configuraciones del equipo, a continuación, se presenta en resumen la configuración para la medición tomando en consideración la recomendación para este efecto de norma NTE INEN-ISO 2631-1 que recomienda para la evaluación de la vibración de cuerpo entero de la siguiente forma:

Tabla 7

Configuración de cada canal en el analizador de vibraciones

Ponderación para cuerpo entero	Canal	Factor multiplicador k
Wd	Chanel 1. eje X	K=1,4
Wd	Chanel 2. eje Y	K=1,4
Wk	Chanel 3. Eje Z	K=1

Fuente: Adaptado de *Manual de usuario. Analizador de vibraciones* (HD2030 Delta OHM, 2014).

3.7. Desarrollo del proyecto aplicando la norma NTE INEN-ISO 2631-1

3.7.1. Procedimiento para la medición de VMCE

El procedimiento para la evaluación de las vibraciones mecánicas se fundamenta en los pasos a seguir por recomendación de la norma preventiva que es guía en esta investigación, a continuación, se detalla cada uno de ellos:

El Primer paso para abordar la evaluación de las vibraciones mecánicas es identificar la fuente generadora de contaminación, consecuentemente determinar el tipo de fuente de acuerdo a las tres categorías que se describen, categoría 1 si es una herramienta manual, categoría 2 si es una maquinaria móvil y categoría 3 si es una edificación que transfiere vibraciones. Lograda esta identificación se puede establecer según la fuente generadora y la vía de ingreso al cuerpo como vibraciones mecánicas segmentales del sistema mano-brazo y vibraciones mecánicas globales de cuerpo entero. Complementariamente es preciso obtener la mayor información posible del operador de maquinaria pesada como: edad, sexo, antigüedad en el cargo, tipo de licencia y afectaciones a la salud.

El segundo paso está enfocado a determinar la metodología de evaluación, para ello existen dos formas de ejecutar la valoración de riesgo la primera es realizando un análisis bibliográfico en la que se analizan los resultados proporcionados por otras investigaciones y manuales de funcionamiento del propio fabricante de maquinaria pesada, en estos documentos se detalla el nivel de vibración que genera el equipo pesado en estado de fábrica pero esto conlleva una gran desventaja con este tipo de metodología ya que no toma en cuenta factores determinantes como las condiciones del medio ambiente, el tipo de terreno, vida útil de la maquinaria, desgastes en piezas móviles y los mantenimientos realizados a los equipos.

Basando su utilidad solo en la estimación observacional del factor de riesgo y esto no aporta al desarrollo de la investigación y generación de medidas preventivas dirigidas al cuidado de la salud del trabajador. Para subsanar este vacío metodológico en esta investigación

se aplica la metodología enfocada a realizar la medición directa en la fuente generadora, mediante la utilización de un analizador de vibraciones HD2030 Delta OHM con un acelerómetro triaxial integrador y siguiendo los parámetros evaluativos de una norma preventiva, esto garantiza desarrollar una metodología sustentada en la medición y cuantificación de la vibración real que está expuesto cada trabajador en su puesto de trabajo y desarrollar planes enfocados a la prevención y cuidado de la salud.

El tercer paso está direccionado a la medición de la aceleración de cada eje, para esto se coloca el acelerómetro triaxial en la base del asiento ubicando correctamente y fijándolo con cinta industrial para evitar posibles errores o interferencias en la medición, las direcciones de coordenadas para el eje X debe ser en sentido positivo de la espalda al pecho, para el eje Y el sentido positivo debe direccionarse del hombro derecho al hombro izquierdo y finalmente para el eje Z el sentido positivo en posición sedente debe ir de la pelvis a la cabeza.

Para medir se tomarán tres muestras en diferentes momentos de la jornada laboral y cada una cumplirá 5 minutos la recomendación de la norma NTE INEN-ISO 2631-1 que las mediciones sean representativas de la exposición real del trabajador al factor de riesgo.

El cuarto paso es el registro de las mediciones, en este apartado se recogen los datos con un documento guía de campo elaborado que permite anotar la información de los datos del operador y las mediciones de aceleración ponderada en frecuencias de cada eje (X, Y, Z) por tipo de maquinaria pesada.

El quinto paso se centra en el cálculo de la exposición diaria de vibración $A(8)$ que es el valor de referencia para una exposición laboral de 8 horas de trabajo y posteriormente se debe tomar el valor máximo entre las tres aceleraciones de exposición diaria $A(8) = \max. [A_x(8); A_y(8); A_z(8)]$ y este valor será la aceleración global con la que se compara con los índices de referencia.

El sexto paso tiene un papel trascendental ya que una vez calculada la exposición diaria máxima $A(8)$ se compara con los Valores Límite Permisible que establece la normativa dando lugar así a la presentación de tres escenarios para la toma de medidas preventivas:

- El primer escenario será si la exposición diaria máxima $A_{\max(x;y;z)}(8)$ es menor a $0,5 \text{ m/s}^2$ considerado como el valor para tomar una acción se considera aceptable sin daño a la salud del trabajador y no se descarta implementar medidas preventivas.
- El segundo escenario es cuando la exposición diaria máxima $A_{\max(x;y;z)}(8)$ se encuentra entre el valor de $0,5 \text{ m/s}^2$ para tomar una acción y el valor límite $1,15 \text{ m/s}^2$ aquí se debe poner mucha énfasis ya que el trabajador está en situación de riesgo y es necesario la implementación cuanto antes de medidas preventivas, realizar chequeos con un médico ocupacional al trabajador, reducir el tiempo de exposición y rotar al personal todas estas acciones deben estar enfocadas en la prevención de la salud y capacitación del operador de maquinaria pesada.
- Finalmente, el tercer escenario y el de mayor afectación para las personas es cuando los valores $A_{\max(x;y;z)}(8)$ calculados están por encima del valor límite $1,15 \text{ m/s}^2$ nos da una referencia que el trabajador está expuesto a una situación de riesgo intolerables, aquí las acciones son inmediatas como evitar la exposición total del trabajador a la fuente generadora de vibración, separa la maquinaria pesada para un análisis exhaustivo, establecer medidas preventivas, capacitación y empezar el proceso de vigilancia de la salud al trabajador con la finalidad de detectar si presenta afectaciones importantes a su salud. Para revisar el proceso evaluativo en un tiempo determinado y detectar posibles cambios en la evaluación de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero a las que se exponen los operadores de la Prefectura de Imbabura.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cuestionario Nórdico de Kuorinka

Este cuestionario facilitó al investigador la recopilación de información preliminar de síntomas osteomusculares que han presentado los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura durante algún momento en el desarrollo de su jornada laboral.

Esta información es de gran interés para el desarrollo investigativo ya que permite conocer las zonas corporales que presentan mayor cuadro de dolor o molestia, en base a la información brindada por el médico ocupacional en la institución, no se tiene el reporte de enfermedades ocupacionales por trastornos musculo esqueléticos (TME) en los conductores de los equipos pesados de construcción civil; pero sí se ha diagnosticado a una persona de sexo femenino en el área administrativa específicamente del puesto de trabajo de secretaria con un TME denominado síndrome del túnel carpiano.

Pregunta N°1.: ¿Considera que, al operar maquinaria pesada, su cuerpo recibe vibraciones mecánicas generadas por el equipo pesado en su labor de campo?

Tabla 8

Percepción de vibración por los operadores

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	17	100%
No	0	0%
Total	17	100%

Fuente: Elaboración propia

En función del cuestionamiento formulado en la pregunta N°1; respecto si consideran que, al operar una maquinaria pesada expone al trabajador recibir vibraciones mecánicas directamente a su organismo. Los 17 operadores de equipos pesados de la Prefectura de Imbabura que se encuestaron respondieron afirmativamente a la interrogante, lo que evidenció que el 100% de los evaluados ha experimentado este fenómeno y está en capacidad de deducir

la relación entre el funcionamiento del equipo pesado y la energía transmitida al cuerpo humano.

Pregunta N°2.: ¿Cómo valora usted el nivel de vibraciones mecánicas que recibe su cuerpo, cuando opera una maquinaria pesada en su labor de campo?

Tabla 9

Valoración por parte de los operadores el nivel de vibración

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Nivel bajo	1	6%
Nivel medio	8	47%
Nivel alto	8	47%
Total	17	100%

Fuente: Elaboración propia

En función de los resultados podemos analizar que un 47% estima percibir un nivel de vibraciones de nivel alto generado por la maquinaria pesada, de igual forma con el mismo porcentaje otro grupo de trabajadores menciona que el nivel de vibraciones es medio y solo un 6% indica que el nivel percibido por su parte de las vibraciones corresponde a nivel bajo. Esta información afirma en su gran mayoría que los equipos pesados, son fuentes potenciales para la generación de niveles vibración perjudiciales para el organismo.

Pregunta N°3.: ¿Ha tenido molestias en el cuello, hombro, dorsal o lumbar, codo o antebrazo, muñeca o mano?

Tabla 10

Molestias en zonas corporales de los operadores

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Si	15	88%	9	53%	11	65%	4	24%	9	53%
No	2	12%	8	47%	6	35%	13	76%	8	47%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

El análisis realizado a la pregunta N°3, evidencia que el cuello es la zona corporal con mayor representatividad relacionada a síntomas de molestias, con el 88% de trabajadores afirmando este padecimiento en su organismo.

En ese sentido, la espalda dorsal o lumbar representada con el 65% de trabajadores que han experimentado ciertas molestias, se la cataloga como la segunda zona de afectación. Por su parte el hombro y la mano comparten el mismo valor porcentual del 53% de operadores de equipo pesado con cuadros de molestia y dolor, siendo estas la tercera zona del cuerpo con problemas a nivel osteomuscular.

Finalmente, como cuarta zona corporal está el codo, cuenta con el 24% de personas que han padecido dolores o molestias articulares.

Pregunta N°4. ¿Desde hace cuánto tiempo ha sentido molestias?

Tabla 11

Tiempo estimado que tuvieron lugar los primeros síntomas de molestias

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
sin molestias	2	12%	8	47%	6	35%	13	76%	8	47%
6 meses	5	29%	4	24%	2	12%	2	12%	2	12%
1 años	4	24%	2	12%	4	24%	1	6%	4	24%
2 años	3	18%	2	12%	3	18%	1	6%	2	12%
3 años	3	18%	1	6%	2	12%	0	0%	1	6%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de la pregunta N°4 hay que prestar mucha atención a los períodos de tiempo, que a percepción de los trabajadores dieron inicio las molestias, pues esto permitió saber en qué fase se encuentran las molestias. Con los datos calculados, se evidencia que en los últimos seis meses los operadores presentaron molestias en el cuello en un 29%, la zona del hombro con el 24%, con el mismo valor porcentual de 12% sintieron los trabajadores molestias

en las zonas de la espalda, del antebrazo y la mano. En ese mismo sentido, durante el último año y representados con el mismo valor porcentual del 24% los operadores han sufrido molestias en la espalda, el antebrazo y la mano, finalmente solo un 12% tiene molestias en el hombro en el último año.

Por su parte; ampliando el tiempo se observó, que en los 2 últimos años los operadores han experimentado molestias en las zonas corporales del cuello y espalda representadas con un mismo valor porcentual del 18%, las extremidades superiores presentan molestias en el 12% de operadores de maquinaria pesada, donde afirman sentir dolor en el hombro, el brazo y la mano.

Finalmente, en el período de los 3 años el 18% del universo total encuestado, menciona que padeció cuadros de molestia y dolor en el cuello, así como un 12% en la espalda dorsolumbar y con el mismo valor porcentual del 6% los trabajadores padecieron dolor en el hombro conjuntamente con la mano y la muñeca.

Complementariamente se determinó, que los operadores no han sufrido ninguna molestia, con el 76% para la zona corporal del codo o antebrazo, el 47% hombro y muñeca, la espalda con el 35% y por último con el 12% no sienten molestias en el cuello en ningún periodo de tiempo.

Pregunta N°5.: ¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?

Tabla 12

Cambio de puesto de trabajo por molestias en zonas corporales

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Si	1	6%	1	6%	1	6%	0	0%	1	6%
No	16	94%	16	94%	16	94%	17	100%	16	94%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

El análisis del cuestionamiento N°5, evidencia que con un 94% de todos los participantes evaluados consideran que aun presentando episodios de dolor o molestia en las zonas corporales del cuello, el hombro, la espalda dorsal o lumbar y la mano o muñeca, no ha sido un motivo por el cual los operadores de maquinaria necesiten un cambio de puesto de trabajo, aquí radica la importancia de realizar evaluaciones higiénicas específicas de los factores de riesgo a los que están expuestos los operadores de maquinaria pesada, ya que esta es la forma más objetiva para poder sustentar la toma de decisiones en el marco de la prevención para riesgos laborales.

También se puede visualizar en esta pregunta del cuestionario nórdico aplicado la existencia de un caso en el que el trabajador menciona que, si ha sentido la necesidad de un cambio de puesto de trabajo, por ello es importante conocer cuáles son las causas que este operador tiene para verse en la necesidad de una reubicación laboral.

Pregunta N°6.: ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?

Tabla 13

Padecimiento de molestias en los últimos 12 meses

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Si	15	88%	9	53%	11	65%	4	24%	9	53%
No	2	12%	8	47%	6	35%	13	76%	8	47%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la pregunta N.º 6, mostraron que en los últimos 12 meses los trabajadores sufrieron episodio de dolor y molestias en el sistema osteomuscular, revelando una recurrente problemática de salud laboral. En ese sentido, se identifica que el cuello es la principal zona corporal afectada con el 88 % de trabajadores, que indica haber experimentado molestias en su cuerpo durante el desarrollo de sus actividades laborales.

La segunda zona con importante afectación es la espalda dorsal o lumbar ya que se evidencia que el 65 % de los trabajadores han tenido presencia de molestias con dolor y fatiga, debido a la posición adoptada por los trabajadores durante la conducción de equipos pesados.

El hombro y la mano son consideradas la tercera zona corporal con sintomatología de molestia, ya que comparten igual valor porcentual del 53 % afirmando sentir en los últimos 12 meses la presencia de dolor, fatiga y cansancio en estas zonas del cuerpo. Finalmente, como se evidencia el 76 % de trabajadores afirman no haber sufrido ninguna molestia en este periodo analizado.

Pregunta N°7.: ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 12 meses?

Tabla 14

Tiempo de para realizar actividades como operador de maquinaria pesada

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
0 días	17	100%	16	94%	17	100%	16	94%	16	94%
1 a 7 días	0	0%	1	6%	0	0%	1	6%	1	6%
1 a 4 semanas	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
> 1 mes	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Los resultados logrados en la tabulación de datos de la pregunta N°7, permite analizar la percepción de trabajador; frente a molestias en su sistema osteomuscular, y si estas le han impedido desarrollar sus actividades laborales. En este sentido, podemos afirmar que únicamente el 6 % que representa a un único caso, donde el trabajador contó con permiso médico, para no ejecutar las actividades como operador de equipo pesado por presentar molestias en las extremidades superiores.

Por contra parte, en promedio el 94 % de los trabajadores mencionan que en ningún momento el padecimiento de molestias acompañadas con cuadros de dolor, les ha impedido

realizar sus actividades con normalidad. El problema radica, en que la mayoría de los trabajadores no han recibido una valoración médica al respecto de las molestias, y al no contar con un diagnóstico ocupacional por un especialista no se puede dar ningún tipo de incapacidad por problemas musculoesqueléticos.

Pregunta N°8: ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?

Tabla 15

Tratamiento en zonas corporales recibidos en el último año

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Si	3	18%	4	24%	4	24%	1	6%	3	18%
No	14	82%	13	76%	13	76%	16	94%	14	82%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tratamientos que hayan recibido los operadores de maquinaria pesada en el último año, se evidencia en la Tabla N°15. Donde en promedio el 18 % de encuestados mencionan haber recibido tratamiento médico, que les permita mejorar sustancialmente esta sintomatología. Por contraparte, en promedio el 82 % de trabajadores expresó que nunca fueron atendidos para recibir un tratamiento para ninguna zona corporal del cuerpo que se analiza en este cuestionario; esto puede ser por desconocimiento y por falta de un programa de vigilancia de la salud que ayude a identificar prematuramente problemas o sintomatologías de molestia o dolor en el sistema osteomuscular.

Estos resultados resaltan el hecho que la gran mayoría de los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura no cuenta con valoraciones médicas específicas para identificar los trastornos musculoesqueléticos en etapa inicial; quedando al descubierto, las falencias en el área de salud ocupacional.

Pregunta N°9.: ¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?

Tabla 16

Presencia de molestias en zonas corporales en los últimos 7 días

Respuesta	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Si	9	53%	7	41%	6	35%	1	6%	3	18%
No	8	47%	10	59%	11	65%	16	94%	14	82%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Con la aplicación del cuestionario nórdico Kuorinka, se obtuvo información referente a la presencia de molestias en los últimos siete días en las zonas corporales de los trabajadores. En este sentido, se evidenció que el cuello es la estructura del cuerpo con más incidencia sintomatológica de dolor con un 53 % de operadores, seguido del hombro con el 41 %, la espalda con el 35 %, la mano con el 18 % y finalmente el antebrazo con el 6 % de operadores de maquinaria pesada que menciona haber padecido molestias en los últimos siete días.

Pregunta N°10.: ¿Póngales nota a sus molestias entre 1 ninguna molestia y 5 molestias muy fuertes?

Tabla 17

Valoración del grado de molestias - operadores de maquinaria pesada

Nivel de molestias	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Ninguna	2	12%	8	47%	6	35%	12	71%	8	47%
Leves	7	41%	2	12%	3	18%	2	12%	4	24%
Medias	6	35%	3	18%	2	12%	1	6%	4	24%
Fuertes	2	12%	3	18%	6	35%	2	12%	1	6%
Muy fuertes	0	0%	1	6%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%	17	100%

Nota. F = frecuencia; % = porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Para esta pregunta se analiza desde el rango de menor intensidad hasta el de mayor intensidad dentro de la escala dada en el enunciado. En ese sentido, se observó que el codo tiene una incidencia del 71 %, el hombro y la mano comparten la misma valoración porcentual con el 47 %, la espalda con el 35 % y finalmente el cuello con el 12 % de trabajadores que califican no sentir molestias.

En el segundo rango de valoración referente al nivel de molestias leves, se observa que el cuello es calificado por el 41% de los evaluados como una zona corporal con este grado de molestias, seguido de la articulación de las manos con un 24%, la espalda dorsal o lumbar con un 18% y por último los hombros y antebrazos con igual valor porcentual de 12% calificando como molestias leves.

Para el tercer rango de valoración el cuello es la zona del cuerpo a la cual el 35% de los encuestados califica con un nivel de molestias medias, evidenciando que el padecimiento de estos problemas va acorde a la calificación que asignan, seguido de los miembros superiores que estiman una puntuación del 24% para las manos, 18% en el hombro, 12% para la espalda y apenas el 6% para el antebrazo.

En el cuarto rango de valoración corresponden las molestias fuertes, el 35 % de trabajadores considerada a la espalda como la principal zona propensa a sufrir daños en la estructura osteomuscular, de igual manera el cuello y los miembros superiores la valoran con un 12% y 18% respectivamente como molestias fuertes.

Finalmente, en relación a las molestias muy fuerte solo existe un caso el cual representa apenas un 6% del universo total evaluado, esta persona califica a las molestias presentadas en el hombro como molestias muy fuertes.

Si bien es cierto, todos los operadores de maquinaria pesada asignaron una calificación a cada molestia que han experimentado en algún miembro corporal que se evaluó en este cuestionario, pero no deja de ser una calificación subjetiva basada en la percepción de la

persona, siendo de mucho interés esta información, ya que con ella se establece una base de análisis inicial con la que se pueda implementar acciones más específicas para evaluar los trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del área de manejo de equipos pesados.

4.2. Características de la maquinaria pesada y nivel de condiciones

Tabla 18

Estado de la maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura

Código	N.º Disco	Tipo de Maquinaria	Año	Estado de la maquinaria		
				Asiento	Llantas	Condiciones
Op.1	08-50	Motoniveladora	2009	1	1	1
Op.2	08-40	Rodillo	2007	2	1	2
Op.3	08-52	Mini cargadora	2009	3	2	2
Op.4	08-45	Cargadora	2009	1	1	1
Op.5	08-43	Retroexcavadora	2009	1	2	1
Op.6	08-49	Motoniveladora	2009	2	2	2
Op.7	43-05	Rodillo	2014	2	1	2
Op.8	08-35	Motoniveladora	2000	1	2	1
Op.9	08-44	Retroexcavadora	2009	2	2	2
Op.10	08-56	Motoniveladora	2014	1	1	1
Op.11	43SA	Rodillo	2001	1	2	1
OP.12	08-30	Tractor bulldozer D8R	1998	1	o r	1
Op.13	08-23	Motoniveladora	2007	2	1	2
Op.14	38-01	Mini cargadora	2010	2	2	2
Op.15	33-01	Excavadora	2011	1	o r	1
Op.16	08-28	Tractor roturador D6R	1998	1	o r	1
Op.17	08-10	Retroexcavadora	2007	3	2	3

Nota. 1 = Buena; 2 = Regular; 3 = Deficiente; or = orugas. Fuente: Elaboración propia

4.3. Resultado de actividades registradas por cada tipo de maquinaria pesada

Tabla 19

Descripción de actividades y tiempo de exposición

Código	N.º Disco	Tipo de maquinaria pesada	T_0 (horas)	T_{exp} (horas)	T_{med} (minutos)
Op.1	08-50	Motoniveladora	8	7	5
Op.2	08-40	Rodillo	8	6	5
Op.3	08-52	Mini cargadora	8	6	5
Op.4	08-45	Cargadora	8	7	5
Op.5	08-43	Retroexcavadora	8	2	5
Op.6	08-49	Motoniveladora	8	7	5
Op.7	43-05	Rodillo	8	6	5
Op.8	08-35	Motoniveladora	8	6	5
Op.9	08-44	Retroexcavadora	8	7	5
Op.10	08-56	Motoniveladora	8	7	5
Op.11	43SA	Rodillo	8	5	5
Op.12	08-30	Tractor bulldozer D8r	8	3	5
Op.13	08-23	Motoniveladora	8	7	5
Op.14	38-01	Mini cargadora	8	7	5
Op.15	33-01	Excavadora	8	7	5
Op.16	08-28	Tractor roturador D6R	8	7	5
Op.17	08-10	Retroexcavadora	8	7	5

Nota. T_0 = Tiempo de jornada laboral; T_{exp} = Tiempo de exposición; T_{med} = Tiempo de medición. Fuente: Elaboración propia

4.4. Cálculo de la aceleración A (8) para una jornada laboral evaluado en la base y respaldo del asiento

Tabla 20

Cálculo de A(8) de la base y respaldo del asiento

N.º	Tipo de Maquinaria	Aceleración eficaz base del asiento (r.m.s)			A(8) base del asiento			Aceleración eficaz respaldo del asiento (r.m.s)	A(8) respaldo del asiento
		a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}	$A(8)_x$	$A(8)_y$	$A(8)_z$	a_{wx}	$A(8)_x$
Op.1	Motoniveladora	0,5303	0,5244	0,5394	0,6944	0,6868	0,5045	0,5034	0,3767
Op.2	Rodillo	0,6242	0,6063	0,6523	0,7569	0,7351	0,5649	0,6032	0,4179
Op.3	Mini cargadora	0,5755	0,5625	0,6008	0,6977	0,6820	0,5204	0,5141	0,3562
Op.4	Cargadora	0,5494	0,5393	0,5600	0,7194	0,7062	0,5238	0,5189	0,3883
Op.5	Retroexcavadora	0,5629	0,5597	0,3372	0,7313	0,7330	0,3181	1,1013	0,5263
		0,5567	0,5597	0,3412				0,4552	
Op.6	Motoniveladora	0,2725	0,2694	0,1881	0,3569	0,3528	0,1759	0,2723	0,2038
Op.7	Rodillo	0,2404	0,2443	0,1372	0,2914	0,2962	0,1188	0,2395	0,1659
Op.8	Motoniveladora	0,2362	0,2421	0,2225	0,2864	0,2935	0,1927	0,3411	0,2364
Op.9	Retroexcavadora	0,2443	0,2400	0,2194	0,3199	0,3143	0,2052	0,3505	0,2623
Op.10	Motoniveladora	0,3851	0,3418	0,2126	0,5043	0,4476	0,1989	0,2995	0,2242
Op.11	Rodillo	0,3329	0,2781	0,1742	0,3684	0,3078	0,1377	0,2940	0,1860
Op.12	Tractor	0,3508	0,3744	0,2129	0,7970	0,8051	0,2733	0,4752	0,3490
	bulldozer D8R	0,7456	0,7459	0,3396				0,4596	
Op.13	Motoniveladora	0,5924	0,5918	0,2800	0,7757	0,7750	0,2619	0,2930	0,2193
Op.14	Mini cargadora	0,4054	0,4077	0,2458	0,5309	0,5339	0,2299	0,3078	0,2303
Op.15	Excavadora	0,2497	0,2435	0,1647	0,3271	0,3189	0,1541	0,2427	0,1816
Op.16	Tractor	0,5360	0,5248	0,3224	0,7019	0,6872	0,3016	0,4586	0,3432
	roturador D6R								
Op.17	Retroexcavadora	0,3047	0,3012	0,1836	0,3990	0,3945	0,1718	0,2949	0,2207

Fuente: Elaboración propia

4.5. Cálculo de la aceleración máxima A (8) y determinación del nivel de riesgo

Tabla 21

Determinación de A (8) máxima - base y respaldo del asiento

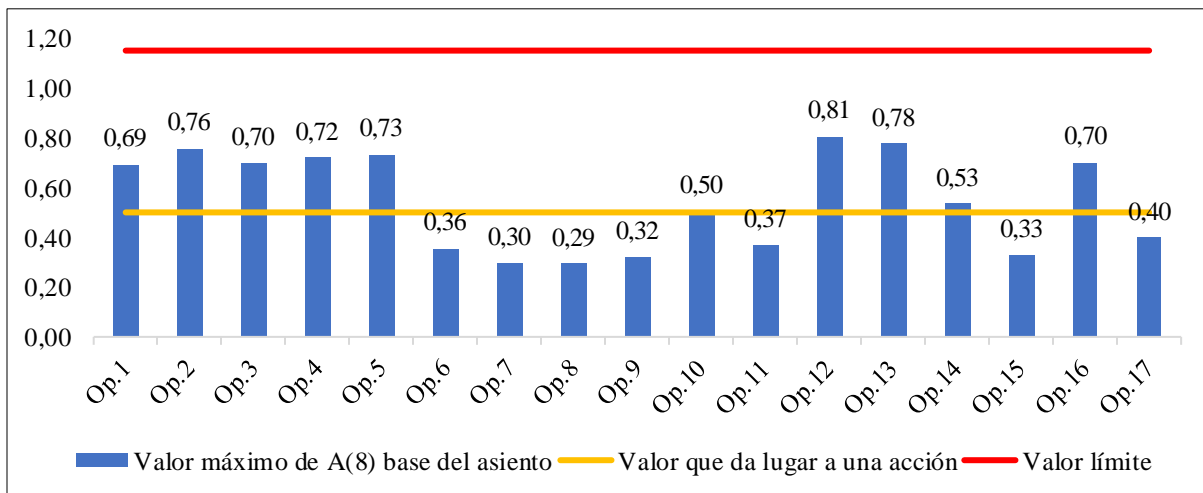
Código	Tipo de Maquinaria	$A_{m\acute{a}x}(8)$ base del asiento	Nivel de riesgo base del asiento	$A_{m\acute{a}x}(8)$ respaldo del asiento	Nivel de riesgo respaldo del asiento	Índice TLV norma
Op.1	Motoniveladora	0,6944	Riesgo	0,3767	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.2	Rodillo	0,7569	Riesgo	0,4179	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.3	Mini cargadora	0,6977	Riesgo	0,3562	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.4	Cargadora	0,7194	Riesgo	0,3883	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.5	Retroexcavadora	0,7330	Riesgo	0,5263	Riesgo	0,5 m/s^2
p.6	Motoniveladora	0,3569	Aceptable	0,2038	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.7	Rodillo	0,2962	Aceptable	0,1659	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.8	Motoniveladora	0,2935	Aceptable	0,2364	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.9	Retroexcavadora	0,3199	Aceptable	0,2623	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.10	Motoniveladora	0,5043	Riesgo	0,2242	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.11	Rodillo	0,3684	Aceptable	0,1860	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.12	Tractor bulldozer D8R	0,8051	Riesgo	0,3490	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.13	Motoniveladora	0,7757	Riesgo	0,2193	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.14	Mini cargadora	0,5339	Riesgo	0,2303	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.15	Excavadora	0,3271	Aceptable	0,1816	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.16	Tractor roturador	0,7019	Riesgo	0,3432	Aceptable	0,5 m/s^2
Op.17	Retroexcavadora	0,3990	Aceptable	0,2207	Aceptable	0,5 m/s^2

Nota. Op. = Operador; TLV = Threshold Limit Values; $A_{m\acute{a}x}(8)$ = Aceleración máxima para 8 horas. Fuente: Elaboración propia

4.5.1. Análisis de resultados de la aceleración ponderada A (8) de la base del asiento vs límites TLV

Figura 18

Aceleración ponderada A(8) base del asiento vs límites TLV

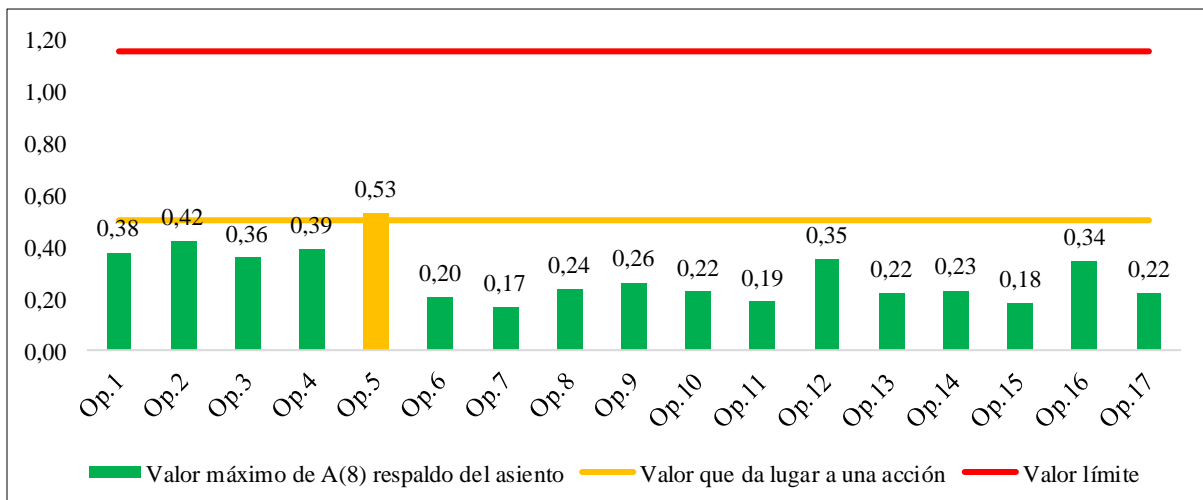


Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Análisis de resultados de la aceleración ponderada A (8) respaldo del asiento vs límites TLV

Figura 19

Aceleración ponderada A(8) respaldo del asiento vs límites TLV



Fuente: Elaboración propia

4.6. Análisis de resultados de la exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero, en operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura

De acuerdo, a las muestras tomadas en los frentes de trabajo de Ibarra, Otavalo, San Pablo, Urcuquí, Ambuquí, Pimampiro y Apuela que la Prefectura de Imbabura aprobó y donde se llevó a cabo la evaluación del factor de riesgo físico por exposición a vibraciones mecánicas, se determinó la aceleración eficaz ponderada (R. M. S) con la unidad de medida (m/s^2) para cada uno de los ejes basicéntricos (X, Y, Z), las mismas se detallan en el Anexo 1.

Con los datos de la aceleración eficaz ponderada, se procedió al cálculo del valor de exposición diaria de vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VMCE), para una jornada de 8 horas en la base del asiento. En la Tabla 21. Se determinó que diez operadores de distinto tipo de equipo pesado presentan un nivel de vibración diario $A(8)$ que se encuentra entre el valor para tomar una acción $0,5 m/s^2$ y el valor límite $1,15 m/s^2$.

Por su parte, se estableció que del universo total evaluado siete operadores se encuentran expuestos a un nivel de vibración diario $A(8)$ por debajo del valor para tomar una acción, considerando así a estos puestos de trabajo como seguros y sin riesgo de generar afectación a la salud, pero es muy indispensable implementar medidas preventivas encaminadas a controlar este factor de riesgo, y que no sobrepase los límites perjudiciales para ser humano.

La normativa NTE INEN-ISO 2631-1 del 2014 recomienda, realizar la evaluación de las (VMCE) en el respaldo del asiento, siguiendo el mismo proceso evaluativo con las modificaciones respectivas; la ponderación W_c y el factor multiplicador $k = 0,8$. Con estos parámetros se determinó que dieciséis operadores se encuentran por debajo de $0,5 m/s^2$ considerado el valor para tomar una acción, y únicamente un caso particular se encuentra exactamente en este valor. Lo que tiene mucha relevancia pues la misma norma citada,

establece que no se cuenta con evidencia sustentable, para determinar que la vibración en ese punto representa una potencial fuente de daño para la salud del trabajador.

El análisis que a continuación se presenta está enfocado en demostrar el valor de la aceleración máxima calculada por puesto de trabajo y articulado con los frentes de trabajo en los que se ejecutó la evaluación versus los límites TLV establecidos por el Real Decreto 1311/2005, en este sentido se consideró los valores perjudiciales para la salud de las personas,

El primer frente de trabajo evaluado fue el de Ibarra al que asignaron a los operadores y maquinaria de código: Op1. Motoniveladora 08-50, Op2. Rodillo 08-40, Op3. Mini cargadora 08-52 y Op4. Cargadora 08-45; donde se determinó valores de vibración $A(8)$ de $0,6944 m/s^2$, $0,7569 m/s^2$, $0,6977 m/s^2$ y $0,7194 m/s^2$ respectivamente, estos puestos de trabajo están por encima del valor para tomar una acción lo que corrobora que estos tipos de maquinaria generan niveles de vibración capaces de afectar la salud. En este lugar las condiciones de terreno fueron extremas pues el material estaba compuesto de tierra y piedra, esto es un factor que influye directamente sobre los equipos pesados, para el aumento de los niveles de vibraciones.

El segundo frente de trabajo evaluado fue el de Otavalo en esta ubicación se asignaron a los operadores y maquinarias de código Op5. Retroexcavadora 08-43, donde este equipo presentó un nivel de vibración de $0,7330 m/s^2$ considerado perjudicial para la salud. Por contraparte, para el Op6. Motoniveladora 08-49, se obtuvo el nivel de vibración de $0,3569 m/s^2$ valor que se encuentra por debajo del límite para iniciar acciones, este puesto de trabajo no presenta ningún efecto nocivo para la salud de este operador.

Para el tercer frente ubicado en la comunidad de San Pablo se asignaron los operadores y maquinarias de código Op7. Rodillo 43-05, Op8. Motoniveladora 08-35y al Op9. Retroexcavadora 08-44, con niveles de vibración diarios $A(8)$ de $0,2962 m/s^2$, $0,2935 m/s^2$ y $0,3199 m/s^2$ respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo del valor para

tomar una acción, ratificando así que estos puestos de trabajo son catalogados como aceptables y están libres de fuerzas físicas de vibración que pueda afectar la salud de los operadores de estos equipos pesados.

En el cuarto frente de trabajo está ubicado en la ciudad de Urcuquí, a esta localización se evaluó a los operadores del siguiente código Op10. Motoniveladora 08-56 y Op11. Rodillo compactador 43-SA con niveles de vibración máxima para la jornada de ocho horas de $0,5053 m/s^2$ y $0,3684 m/s^2$ respectivamente, con esta evidencia se determinó que el puesto de motoniveladora se encuentra en la zona de para tomar acciones, por su parte la retroexcavadora no representa riesgo de exposición para el operador.

En el quinto frente de trabajo fue en la comunidad de Ambuquí, a esta localización se la Prefectura asignó únicamente a la maquinaria y operador OP12. Tractor Bulldozer D8R 08-30, para realizar el encause del río Chota, este equipo es de gran tamaño y su tren motriz es por orugas, presentando así un nivel de vibración máxima $A(8)$ de $0,8051 m/s^2$, esto refleja las condiciones en las que se desempeña este equipo pues el terreno es rocoso, húmedo y con tierra pantanosa, a esto se le complementa como se mencionó por su sistema de rodadura lo cual denota que el trabajador se encuentra expuesto a niveles de vibración que sobrepasan los valores para tomar una acción y están casi cerca de llegar al límite de exposición, considerándose a este puesto de trabajo como perjudicial para la salud del operador, manteniendo una alta probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos a mediano y largo plazo, si no se toman medidas preventivas urgentes.

El sexto frente de trabajo está ubicado en el cantón Pimampiro, aquí se evaluó a las maquinarias y operadores de código Op13. Motoniveladora 08-23, Op14. 38-08. Mini cargadora y Op15. Excavadora, presentando niveles de vibración máxima $A(8)$ de $0,7757 m/s^2$, $0,5339 m/s^2$ y $0,3271 m/s^2$ respectivamente, analizando estos resultados la motoniveladora es la que sobrepasa el valor para tomar una acción considerando así a este

puesto de trabajo con riesgo por exposición a altos niveles de vibración, por su parte la mini cargadora se encuentra en la zona de riesgo razón por la cual se debe implementar medidas preventivas encaminadas al cuidado de la salud del operador y mantenimientos para mitigar estos niveles de vibración, en cuanto a la excavadora no presenta problema pues esta maquinaria está por debajo del límite para tomar una acción y esto concuerda pues la maquinaria tiene una vida útil muy actual y todos sus sistemas anti vibratorios se encuentran en perfecto estado.

Finalmente, para el frente de trabajo ubicado en la comunidad de Apuela, se evaluó a las siguientes maquinarias y operadores con código Op16. Tractor roturador D6R 08-28 y Op17. Retroexcavadora 08-10, calculando los siguientes niveles de vibración $A(8)$ para una jornada de ocho horas de $0,7019 m/s^2$ y $0,3990 m/s^2$ respectivamente, en este sentido la atención se centra en el tractor roturador ya que se calculó un nivel de vibración muy alto, catalogando a este puesto con alto riesgo y potencial probabilidad de generar trastornos musculoesqueléticos, pero es preciso señalar que este tipo de equipo se encuentra sobre un tren motriz de orugas y el terreno en el que realizó sus actividades estaba compuesto de rocas de gran tamaño, tierra y maleza. Por su parte la retroexcavadora no representa riesgo para el trabajador.

4.7. Evaluación ergonómica con el método REBA

4.7.1. Medición angular de miembros corporales con software RULER.

Las siguientes mediciones angulares de los miembros corporales se realizó mediante el software RULER, la cual permitió medir los ángulos directamente en las fotografías que se extrajo de análisis digital de la operación de la maquinaria pesada, esto garantiza que las mediciones correspondan a la realidad de la carga postural a la cual están expuestos los trabajadores.

A todos los operadores de maquinaria pesada se evaluó la postura en operación de su maquinaria pesada, considerada la más representativa dentro de su jornada laboral. A continuación, se describe un ejemplo con la aplicación del software a la motoniveladora de número de disco 08-23, para lo cual se realizó una revisión de los registros digitales y se asignó las mediciones angulares.

Figura 20

Mediciones angulares para el Grupo A de evaluación método REBA

Grupo A				
Tronco	Lateralización y torsión del tronco	Cuello	Lateralización y torsión del cuello	Piernas
				
Tronco	Lateralización y torsión del tronco	Cuello	Lateralización y torsión del cuello	Piernas
				

Fuente: Elaboración propia

Figura

21

Mediciones angulares derecha - Grupo B de evaluación método REBA



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Mediciones angulares izquierda - Grupo B de evaluación método REBA

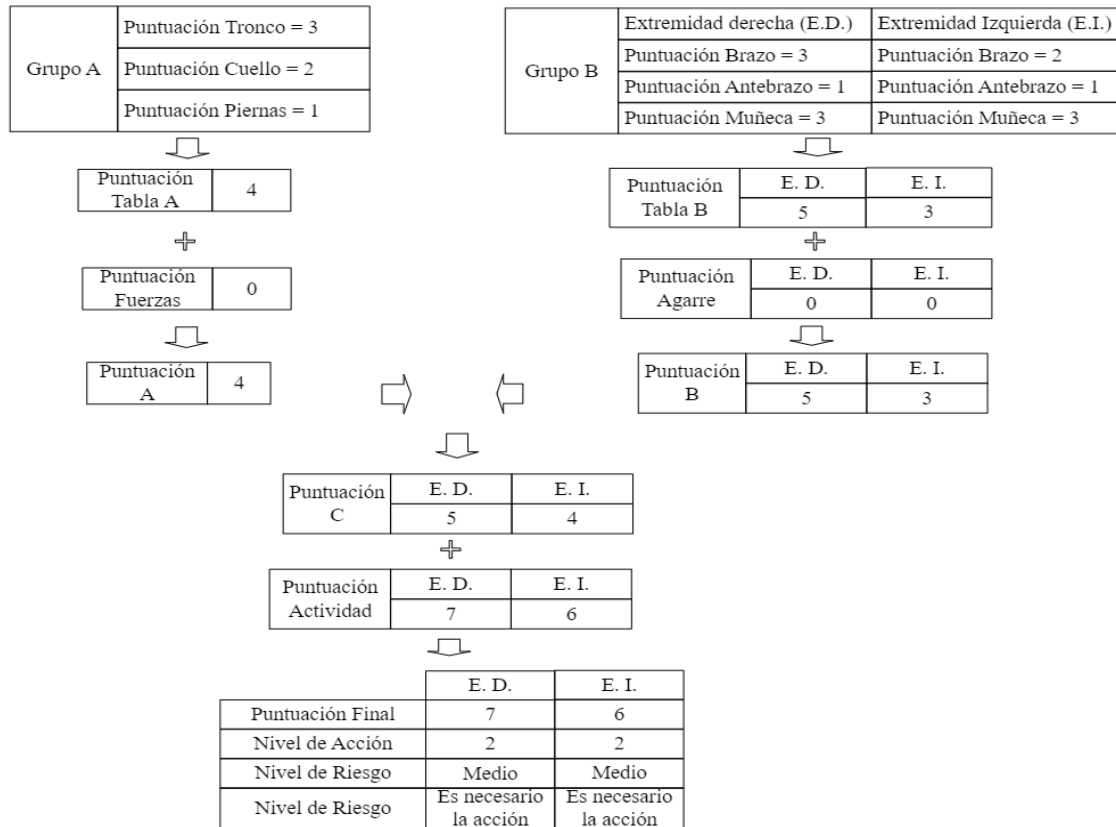


Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Diagrama resumen de evaluación

Figura 23

Flujograma para la obtención de puntuaciones con el método REBA



Nota. Las ponderaciones fueron asignadas según datos mostrados en el Anexo 4. Adaptado de *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*, por Asencio-Cuesta et al., (2012, p. 129).

4.7.3. Resultados de evaluación

Tabla 22

Puntuación final y nivel de riesgo del método REBA

Código	Tipo de Maquinaria pesada	P.F. lado derecho	N.A. lado derecho	N.R. lado derecho	P.F. lado izquierdo	N.A. lado izquierdo	N.R. lado izquierdo
Op.1	Motoniveladora	6	2	Medio	6	2	Medio
Op.2	Rodillo	8	3	Alto	8	3	Alto
Op.3	Mini cargadora	8	3	Alto	8	3	Alto
Op.4	Cargadora	6	2	Medio	6	2	Medio

Op.5	Retroexcavadora	5	2	Medio	6	2	Medio
Op.6	Motoniveladora	6	2	Medio	6	2	Medio
Op.7	Rodillo	5	2	Medio	5	2	Medio
Op.8	Motoniveladora	7	2	Medio	7	2	Medio
Op.9	Retroexcavadora	8	3	Alto	8	3	Alto
Op.10	Motoniveladora	5	2	Medio	6	2	Medio
Op.11	Rodillo	4	2	Medio	6	2	Medio
Op.12	Tractor	6	2	Medio	7	2	Medio
	Bulldozer D8R						
Op.13	Motoniveladora	7	2	Medio	6	2	Medio
Op.14	Mini cargadora	6	2	Medio	6	2	Medio
Op.15	Excavadora	6	2	Medio	6	2	Medio
Op.16	Tractor	6	2	Medio	7	2	Medio
	Roturador D6R						
Op.17	Retroexcavadora	6	2	Medio	7	2	Medio

Nota. Abreviaturas: P.F. = Puntuación final; N.A. = Nivel de acción; N.R. = Nivel de riesgo;

Op. = Operador. Fuente: Elaboración propia

4.8. Evaluación REBA y percepción sintomatológica de TME

Tabla 23

Resumen evaluación ergonómica REBA vs percepción sintomatológica

Código	Tipo de Maquinaria	Evaluación ergonómica método REBA								Percepción sintomatológica del operador				
		Tronco	Cuello	Brazo		Antebrazo		Muñeca		Espalda	Cuello	Hombro	Codo	Mano
				Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.					
Op.1	Motoniveladora	2	3	2	1	2	2	3	3	Si	Si	No	No	Si

Op.2	Rodillo	3	3	3	3	2	2	3	3	No	No	Si	No	No
Op.3	Mini cargadora	4	3	2	2	2	2	2	2	Si	Si	Si	No	Si
Op.4	Cargadora	3	2	1	2	1	2	1	2	Si	Si	Si	No	No
Op.5	Retroexcavadora	2	2	2	4	1	1	3	2	Si	Si	No	No	Si
Op.6	Motoniveladora	3	3	2	2	1	2	3	2	Si	Si	Si	Si	Si
Op.7	Rodillo	4	1	2	3	1	1	3	1	No	Si	Si	Si	No
Op.8	Motoniveladora	4	2	2	2	2	1	3	3	Si	Si	Si	Si	Si
Op.9	Retroexcavadora	3	3	3	3	1	1	3	3	Si	Si	Si	Si	Si
Op.10	Motoniveladora	2	2	2	4	1	1	3	3	No	Si	No	No	Si
Op.11	Rodillo	3	1	2	3	1	1	3	3	Si	No	No	No	No
Op.12	Tractor Bulldozer D8R	3	2	2	3	1	1	3	3	No	Si	No	No	Si
Op.13	Motoniveladora	3	2	3	2	1	1	3	3	Si	Si	No	No	No
Op.14	Mini cargadora	2	3	1	1	1	2	3	3	Si	Si	Si	No	No
Op.15	Excavadora	2	3	1	1	1	1	2	3	No	Si	No	No	No
Op.16	Tractor roturador D6R	3	2	1	4	1	1	3	3	Si	Si	Si	No	Si
Op.17	Retroexcavadora	3	2	1	3	2	1	3	3	No	Si	No	No	No

Nota. Abreviaturas: Der. = Extremidad derecha; Izq. = Extremidad izquierda. Fuente: Elaboración propia

4.9. Análisis de resultados de los trastornos musculoesqueléticos

La percepción que tiene el operador de maquinaria pesada frente a la sintomatología de molestias permitió identificar inicialmente a modo subjetivo que el 88% del universo total evaluados presentan cuadros de molestias en la zona del cuello, el 65% en la zona dorsal, con el mismo porcentaje del 53% los trabajadores han sentido alguna molestia en el hombro y la muñeca, finalmente solo el 23% informan la presencia de molestias en el codo o antebrazo, denotando que la percepción del operador está muy ligada a los resultados obtenidos con la evaluación del método REBA en donde se evidencia claramente que la carga postural de los

conductores de equipos móviles presentan en el 82% de los evaluados un nivel de riesgo medio y el 18% se encuentran con un riesgo alto.

Esto llama mucho la atención ya que los puestos de trabajo requieren de una actuación cuanto antes mediante la incorporación de medidas preventivas que ayuden a mitigar esta sobreexposición al riesgo ergonómico, y de no actuar los operadores de maquinaria pesada pueden sufrir lesiones en su sistema musculoesquelético.

4.10. Pruebas de correlación entre variables

4.10.1. Variable “X” percepción sintomatológica de TME

Para el desarrollo del análisis de correlación entre variables, se asignó un coeficiente único a cada pregunta del cuestionario nórdico de Kuorinka, el cual se aplicó a los operadores de maquinaria pesada. Para llevar a cabo este proceso, se establecieron las siguientes restricciones:

- a. Cada pregunta se valoró con 1 punto, lo que resultó en una suma total de 10 puntos para el cuestionario.
 - i. Para lograr esto, se normalizó cada pregunta en un rango de 0 a 1.
 - ii. En el caso de las preguntas con opciones “Si” o “No”, se asignó el valor de 1 a “Si” y 0 a “No”.
 - iii. En las preguntas con múltiples opciones, se asignaron valores en función del número máximo de opciones posibles.
- b. En ese sentido, con los parámetros descritos se obtuvo los siguientes resultados detallados en la siguiente Tabla 24, la cual permitió calcular la puntuación final para el cuestionario nórdico Kuorinka.

Tabla 24*Normalización y ponderación del cuestionario nórdico Kuorinka*

Código	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Puntuación Final
Op.1	1,00	0,67	0,60	0,30	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,15	3,12
Op.2	1,00	0,67	0,20	0,05	0,07	0,05	0,00	0,00	0,20	0,10	2,34
Op.3	1,00	1,00	0,80	0,80	0,53	1,00	0,00	0,00	1,00	0,50	6,63
Op.4	1,00	1,00	0,60	0,15	0,40	0,35	0,00	0,00	0,60	0,40	4,50
Op.5	1,00	1,00	0,60	0,35	0,27	0,20	0,00	0,00	0,40	0,35	4,17
Op.6	1,00	1,00	1,00	0,75	0,33	0,75	0,00	0,00	0,40	0,25	5,48
Op.7	1,00	0,33	0,60	0,15	0,27	0,15	0,00	0,00	0,40	0,20	3,10
Op.8	1,00	0,67	1,00	0,35	0,93	0,55	0,00	0,40	0,00	0,65	5,55
Op.9	1,00	0,67	1,00	0,50	0,40	0,55	0,13	0,60	0,60	0,75	6,20
Op.10	1,00	0,67	0,40	0,10	0,13	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	2,60
Op.11	1,00	0,67	0,20	0,15	0,07	0,10	0,00	0,20	0,00	0,05	2,44
Op.12	1,00	1,00	0,40	0,30	0,13	0,10	0,00	0,20	0,00	0,15	3,28
Op.13	1,00	0,67	0,40	0,20	0,40	0,10	0,00	0,20	0,00	0,20	3,17
Op.14	1,00	1,00	0,60	0,25	0,40	0,50	0,00	0,00	0,60	0,35	4,70
Op.15	1,00	0,67	0,20	0,10	0,07	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	2,24
Op.16	1,00	1,00	0,80	0,65	0,27	0,60	0,07	0,80	0,80	0,45	6,43
Op.17	1,00	1,00	0,20	0,15	0,13	0,10	0,00	0,00	0,20	0,05	2,83

Nota. Abreviaturas: Op. = Operador; P = Pregunta. Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Variable “Y” vibraciones mecánicas de cuerpo entero

Según lo mencionado por (Rojas Álvarez, 2021), se define un vector como una cantidad física que se caracteriza por su magnitud y dirección. Ejemplos bien conocidos de cantidades vectoriales incluyen la velocidad, el desplazamiento, la fuerza y la aceleración. Dado que los vectores son cantidades físicas, es posible realizar operaciones matemáticas como la suma de vectores o el producto vectorial.

Para la variable de vibraciones mecánicas, fue necesario el calcular del “Módulo” de las aceleraciones globales durante una jornada de 8 horas laborables. Esto se llevó a cabo

teniendo en cuenta que las aceleraciones por motivo de cálculo como vectores y se desarrollan simultáneamente en los tres ejes basicéntricos: eje “X”, eje “Y”, y eje “Z”.

A continuación, se presenta la fórmula para calcular el “Módulo” de las aceleraciones globales en vibración mecánica de cuerpo entero.

$$|\vec{A}| = \sqrt{\sum (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2)} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$|\vec{A}|$: Módulo de las aceleraciones

A_x^2 : Aceleración global A (8) del eje “X”

A_y^2 : Aceleración global A (8) del eje “Y”

A_z^2 : Aceleración global A (8) del eje “Z”

En función de los resultados obtenidos en la evaluación de los niveles de vibración generados por varios tipos de maquinaria pesada, se llegó a la conclusión que las aceleraciones que representan riesgo para la salud de los operadores son las que se transmiten desde la base del asiento de los equipos móviles al cuerpo del trabajador.

Para ilustrar esto, a continuación, se presenta un cálculo de ejemplo para el operador 1 de motoniveladora

$$|\vec{A}| = \sqrt{(0,6944)^2 + (0,6868)^2 + (0,5045)^2}$$

$$|\vec{A}| = \sqrt{(0,6944)^2 + (0,6868)^2 + (0,5045)^2}$$

$$|\vec{A}| = \sqrt{1,2084}$$

$$|\vec{A}| = 1,0993$$

En los casos particulares del operador 5 de la retroexcavadora y del operador 12 de tractor Bulldozer D8R, se llevó a cabo el cálculo utilizando un promedio. Esto se debió a que estos equipos realizaron dos actividades diferentes con diferentes componentes de maquinaria pesada.

Tabla 25*Cálculo del "Módulo" de las aceleraciones*

Código	Tipo De Maquinaria	Eje X	Eje Y	Eje Z	Cálculo del Módulo	Módulo Final (VMCE)
Op.1	Motoniveladora	0,6944	0,6868	0,5045	1,0993	1,0993
Op.2	Rodillo	0,7569	0,7351	0,5649	1,1968	1,1968
Op.3	Minicargadora	0,6977	0,6820	0,5204	1,1058	1,1058
Op.4	Cargadora	0,7194	0,7062	0,5238	1,1361	1,1361
Op.5	Retroexcavadora	0,3941	0,3918	0,1686	0,5807	0,7475
Op.6	Motoniveladora	0,6161	0,6195	0,2697	0,9144	0,5318
Op.7	Rodillo	0,3569	0,3528	0,1759	0,5318	0,4322
Op.8	Rodillo	0,2914	0,2962	0,1188	0,4322	0,4322
Op.9	Motoniveladora	0,2864	0,2935	0,1927	0,4531	0,4531
Op.10	Retroexcavadora	0,3199	0,3143	0,2052	0,4932	0,4932
Op.11	Motoniveladora	0,5043	0,4476	0,1989	0,7030	0,7030
Op.12	Rodillo	0,3684	0,3078	0,1377	0,4995	0,4995
Op.13	Tractor Bulldozer D8R	0,3008	0,3210	0,1304	0,4588	0,7650
Op.14	Tractor Bulldozer D8R	0,7381	0,7384	0,2401	1,0713	0,7650
Op.15	Motoniveladora	0,7757	0,7750	0,2619	1,1274	1,1274
Op.16	Minicargadora	0,5309	0,5339	0,2299	0,7872	0,7872
Op.17	Excavadora	0,3271	0,3189	0,1541	0,4821	0,4821
Op.18	Tractor Roturador D6R	0,7019	0,6872	0,3016	1,0276	1,0276
Op.19	Retroexcavadora	0,3990	0,3945	0,1718	0,5868	0,5868

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados finales de la percepción sintomatológica de los operadores en relación a los trastornos musculoesqueléticos y la variable de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, se procedió a realizar la correlación entre estas dos variables.

Cuando se investiga dos variables, un aspecto crucial es evaluar si existe alguna relación entre ellas. A través de procedimientos matemáticos, se adquiere la capacidad de identificar y medir el alcance de la posible relación entre las dos variables bajo análisis. La covarianza es un modelo estadístico que cuantifica la interrelación entre dos variables (X e Y), y se representa mediante Cov_{xy} o S_{xy} (Proaño Rivera, 2020).

4.10.3. Correlación entre Variable “X” y Variable “Y”

Tabla 26

Cálculo del módulo de las aceleraciones A(8)

Código	Tipo De Maquinaria	Puntuación Final de Percepción	Módulo Final (VMCE)
Op.1	Motoniveladora	3,12	1,0993
Op.2	Rodillo	2,34	1,1968
Op.3	Minicargadora	6,63	1,1058
Op.4	Cargadora	4,50	1,1361
Op.5	Retroexcavadora	4,17	0,7475
Op.6	Motoniveladora	5,48	0,5318
Op.7	Rodillo	3,10	0,4322
Op.8	Motoniveladora	5,55	0,4531
Op.9	Retroexcavadora	6,20	0,4932
Op.10	Motoniveladora	2,60	0,7030
Op.11	Rodillo	2,44	0,4995
Op.12	Tractor Bulldozer D8R	3,28	0,7650
Op.13	Motoniveladora	3,17	1,1274
Op.14	Minicargadora	4,70	0,7872
Op.15	Excavadora	2,24	0,4821
Op.16	Tractor Roturador D6R	6,43	1,0276
Op.17	Retroexcavadora	2,83	0,5868

Fuente: Elaboración propia

4.10.4. Cálculo de la covarianza

Para calcular la covarianza, se asignó la puntuación final de la percepción del operador de maquinaria pesada a la variable (X), y la puntuación final del “Módulo” de las VMCE a la variable (Y). Utilizando estos datos y aplicando la fórmula de correlación que se describe a continuación, se obtiene el resultado deseado:

$$Cov_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} \quad \text{Ecuación 10}$$

El resultado para la covarianza de la muestra es 0.031. Esto indica que cuando el valor de “X” aumenta, el valor de “Y” también tiende a aumentar, ya que el signo es positivo. Sin embargo, dado que el valor es cercano a cero, sugiere que no se puede afirmar una relación directa, al menos no con este tamaño de muestra.

4.10.5. Cálculo de la desviación estándar

A continuación, se procedió al cálculo de la desviación estándar de “X” y la desviación estándar de “Y”. Luego se realizó el producto estos valores, utilizando las siguientes fórmulas, y se obtuvo los resultados que se detallan:

$$\sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}\right)} \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{N}\right)} \quad \text{Ecuación 11}$$

La desviación estándar de “X” es 1.54, mientras que la desviación estándar de “Y” es 0.28. El producto de estas dos desviaciones estándar arrojó un resultado 0.435.

4.10.6. Coeficiente de correlación

Ahora, con estos datos, se calculó el coeficiente de correlación dividiendo la covarianza entre el producto anterior, aplicando la siguiente fórmula.

$$r = \frac{Cov_{xy}}{S_{xx}S_{yy}} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$r = \frac{0.031}{0.435}$$

De esta manera, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.0712.

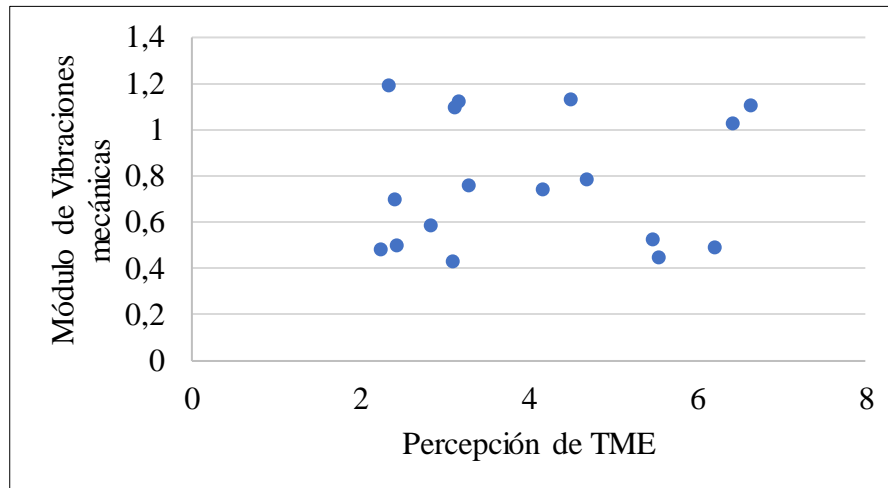
4.10.7. Gráfica de dispersión

Desde una perspectiva visual, es posible representar la disposición de una distribución bidimensional de frecuencias mediante un gráfico de dispersión, comúnmente conocido como diagrama de nube de puntos. Este tipo de gráfico muestra pares de datos en un sistema de

coordenadas cartesianas, donde la variable “X” se posiciona en el eje horizontal o abscisas, y la variable “Y” se sitúa en el eje vertical u ordenadas (Proaño Rivera, 2020).

Figura 24

Representación gráfica de la dispersión de datos



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la Figura 24, se observa que los datos muestran dispersión y no siguen una tendencia clara, ya sea positiva o negativa. Esto sugiere que no existe una correlación aparente entre la variable de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero y la percepción de los trastornos musculoesqueléticos.

4.10.8. Prueba de hipótesis

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Ecuación 13

$$t = 0.0712 \sqrt{\frac{17-2}{1-0.0712^2}}$$

$$t = 0.0712 \sqrt{\frac{15}{0.9951}}$$

$$t = 0.2831$$

El valor calculado para la prueba de hipótesis t-student es de 0.2831.

4.10.9. Valor crítico

El valor crítico que se encontró corresponde a un número $\frac{t\alpha}{2}$ en un espacio $n - 2$ grados de libertad.

- Si el valor absoluto $|t| > \text{Valor Crítico}$, se rechaza la hipótesis nula en el contexto de la prueba de hipótesis t-student. Esto generalmente indica que hay evidencia suficiente para afirmar que hay una diferencia significativa o correlación significativa, dependiendo del tipo de prueba realizada (Proaño Rivera, 2020).
- Si el valor absoluto $|t| \leq \text{Valor Crítico}$, no se rechaza la hipótesis nula en el contexto de la prueba de hipótesis t-student. Esto sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar una diferencia significativa o una correlación significativa, según el tipo de prueba realizada (Proaño Rivera, 2020).

El cálculo realizado en el software Excel, con grados de libertad $(n - 2)$ igual a 15 y un nivel de significancia (alfa) de 0.05, determinó el valor crítico como 2.1314. Esto significa que para rechazar la hipótesis nula en una prueba de hipótesis t-student con estos parámetros, el valor absoluto del estadístico “t” debe ser mayor que 2.1314. Si es menor o igual a este valor, no se rechaza la hipótesis nula.

$$\text{Valor absoluto } |t| \leq VC$$

$$|0.2831| \leq 2.1314$$

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

4.11. Discusión

Con los resultados de esta investigación, se puede observar que el 58% de los trabajadores al realizar actividades de conducción con maquinaria pesada durante una jornada laboral de ocho horas presentan niveles de vibración en el rango de $0,5 \text{ m/s}^2$ y $0,81 \text{ m/s}^2$, superando así el índice TLV (Threshold Limit Value) establecido por el Real Decreto 1311/2005 como límites de exposición para vibraciones mecánicas de cuerpo entero. Esto

coincide con la investigación con la investigación realizada por (Araya-Solano & Medina-Escobar, 2020), donde concluyen que en una jornada laboral de 9,4 horas, la gran mayoría de casos superan los valores límites, y calcularon niveles entre los $0,26 \text{ m/s}^2$ y $0,90 \text{ m/s}^2$ para autobuses. Estos hallazgos son relevantes ya que estos equipos autopropulsados por un motor de combustión y se desplazan sobre un tren motriz de neumáticos, similar a la maquinaria pesada estudiada.

De manera similar, el 42% de maquinaria pesada evaluada se mantiene por debajo del valor que requeriría tomar acción, al mantener niveles de aceleración inferiores a $0,5 \text{ m/s}^2$. Este hallazgo concuerda con la investigación realizada por (Callender Murillo, 2017), donde concluye que excavadoras, volquetes y cargadoras presentan niveles de vibración en el rango de $0,23 \text{ m/s}^2$ a $0,38 \text{ m/s}^2$. Estos resultados demuestran que existen múltiples factores que influyen en el aumento o disminución de los niveles de vibración en maquinaria pesada.

Según la investigación llevada a cabo por (García Ortiz et al., 2006), se observó que 23 casos, los que representa el 92% de los trabajadores, superan el valor límite para tomar una acción, tal como lo establece el Real Decreto 1311/2005, valor para tomar una acción $0,5 \text{ m/s}^2$ para una jornada laboral de ocho horas.

Finalmente con la evaluación REBA se determinó que el 82% de los evaluados presentan un riesgo medio y el 12% tienen un riesgo alto de padecer patologías osteomusculares en las zonas corporales citadas, coincidiendo con la investigación de (Ramírez López, 2021), en la cual concluye, que un 68% de conductores si ha experimentado trastornos musculoesqueléticos en algunas partes del cuerpo, por el desarrollo de actividades como conductor de equipos pesados en la empresa Upala Agrícola.

CAPÍTULO V

5. Propuesta de un programa de vigilancia de la salud para la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero

5.1. Introducción

Dentro del campo amplio de la salud de los trabajadores existen dos aspectos fundamentales que contribuyen directamente en el deterioro de la salud, el primero es el tipo de trabajo que ejecuta la persona y el segundo engloba las condiciones laborales del puesto de trabajo donde el trabajador está expuesto a diferentes factores de riesgo. El trabajo es un conjunto de procedimientos enfocados a la materialización de un producto o servicio, este criterio está estrechamente relacionado con la exposición de agentes contaminantes que puedan afectar la salud de los operadores, es por ello que se debe articular las actividades con el cuidado de la salud, en este sentido el departamento de salud ocupacional se enfoca en lograr puestos de trabajo saludables encaminados a mitigar el deterioro de la salud del personal (Alarcón Guerra, 2022).

Dentro de los ambientes laborales donde los operadores de maquinaria pesada se encuentran laborando existe gran variedad de agentes contaminantes con un alto grado de perjuicio para la salud del trabajador, uno de los que se analizó en esta investigación son las vibraciones mecánicas generadas por los equipos móviles y que se transmiten al organismo por la vía de contacto entre el asiento y el operador.

Las vibraciones se definen como los movimientos pendulares que realizan piezas móviles o estructuras, están definidas por su velocidad, aceleración o frecuencia las mismas que pueden ser evaluadas en diferentes puntos conservando la ubicación de sus ejes basicéntricos. La exposición a niveles altos de vibración pueden ser causa para la generación de diferentes afectaciones al organismo de los trabajadores, dificultando la motricidad, pérdida de concentración, problemas digestivos y en casos de exposición continuada generación de

trastornos musculoesqueléticos, pero estas afectaciones dependerán de la frecuencia de exposición (Hena Robledo, 2014).

Para prevenir o mitigar el impacto de estas afectaciones en la salud y productividad del personal, se justifica la necesidad de proponer un programa de vigilancia de la salud focalizado a los operadores de la Prefectura de Imbabura con exposición a altos niveles de vibraciones mecánicas en sus equipos móviles.

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo general

Prevenir precozmente cualquier daño a la salud de los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura causado por la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero, a través de la evaluación por exposición, vigilancia médica y seguimiento del programa.

5.2.2. Objetivos específicos

- Establecer lineamientos de seguridad industrial y vigilancia de la salud que permitan detectar precozmente cualquier daño a la salud, causado por la exposición a vibraciones mecánicas.
- Planificar, organizar y desarrollar capacitaciones al personal que realiza actividades como operadores de maquinaria pesada, a través de la formación e información de la prevención laboral.
- Asignar a los puestos de trabajo al personal que se encuentre en óptimas condiciones físicas y psicológicas, previa valoración del especialista en el área de salud ocupacional de la institución, para evitar poner en riesgo su salud o la de sus colaboradores.
- Garantizar una atención médica de calidad y oportuna frente accidentes laborales o enfermedades ocupacionales, encaminadas a la recuperación y reintegración del trabajador a sus actividades normales.

5.3. Campo de aplicación

El programa de vigilancia de la salud para la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero, se aplicará a los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura.

5.4. Responsables

La propuesta del programa de vigilancia de la salud será desarrollada por el investigador conjuntamente con el médico ocupacional y personal del área de seguridad industrial de la institución quienes asesoran y validan la correcta elaboración, siendo ellos los responsables de la implementación del programa.

El Prefecto de Imbabura será quién destine el presupuesto para la ejecución del programa de vigilancia de salud para vibraciones mecánicas y brindar acompañamiento en todas las acciones que se desarrollen para la prevención de la salud de los colaboradores.

5.5. Normativa aplicable que sustenta al programa de vigilancia de la salud

- Constitución Política del Ecuador, Art. 42
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Prevención de Riesgos Laborales, Decisión N.º. 584, Art.4, Art. 11 Literal b), Art. 12, 14, 22 y 30.
- Código del trabajo, Art. 410
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa, Acuerdo Ministerial 1404.
- Decreto Ejecutivo 2393 Art. 11.
- NTE INEN-ISO 2631-1, Vibraciones mecánicas y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a vibraciones en todo el cuerpo. Parte 1. Requisitos generales (ISO 2631-1:1997. IDT).

5.6. Estrategias para fortalecer el programa de vigilancia de la salud

Considerar los efectos que generan los niveles de vibración por puesto de trabajo.

Categorizar los puestos de trabajo priorizando aquellos que presenten exposición a elevados nivel de vibración mecánica de cuerpo entero ya que son propensos a sufrir una mayor afectación en su salud.

Articular el programa de vigilancia de la salud con todos los trabajadores, motivando a la responsabilidad de cada trabajador en función de la prevención.

Difundir el programa de vigilancia de salud para exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero con todo el personal de la Prefectura de Imbabura.

5.7. Universo, espacio y tiempo

La presente propuesta del programa de vigilancia de la salud para exposición de vibraciones mecánicas de cuerpo entero, se desarrollará para los 17 operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura que se encuentran expuestos a vibraciones.

El programa de vigilancia de la salud tiene como fecha tentativa de aplicación en el periodo comprendido entre octubre 2023 a octubre 2024.

5.8. Metas y alcance

Este programa de vigilancia de la salud se aplicará a todos los trabajadores que se encuentran expuestos a vibraciones mecánicas de cuerpo entero en sus puestos de trabajo, independientemente de su antigüedad, sexo, edad y condiciones laborales del puesto de trabajo,

Se debe garantizar el libre acceso y en su totalidad a todos los servicios médicos ocupacionales que cuenta la Prefectura de Imbabura.

Que los operadores de maquinaria pesada cuenten con exámenes gratuitos y específicos al factor de riesgo por exposición de vibraciones mecánicas.

Promover y asegurar la capacitación e información relacionada a las actividades de carácter preventivo en el deterioro de la salud de los trabajadores.

5.9. Procedimientos

5.9.1. Evaluación de la exposición

En primer lugar, se realizó una evaluación de la exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero en los puestos de trabajo de operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura, para determinar el nivel de exposición de los trabajadores. La evaluación se llevó a cabo por un técnico cualificado en el área de la higiene industrial y salud ocupacional, el cual utilizó un equipo que analiza las vibraciones mecánicas de cuerpo entero HD2030 Delta OHM el cual cuenta con un acelerómetro triaxial para frecuencias comprendidas entre 0,5 Hz y 80 Hz para afectaciones en la salud de los trabajadores.

5.9.2. Revisión de la exposición

La evaluación de la exposición se revisará periódicamente para asegurar que sigue manteniendo una representatividad real de la exposición de los trabajadores. Es de mucho interés para los puestos de trabajo que presenten bajos niveles de aceleración la revisión de la evaluación con el objetivo de evitar que estos puestos de trabajo aumenten su nivel de vibración calculada y en el tiempo se conviertan en puestos de trabajo perjudiciales para la salud.

5.9.3. Programa de vigilancia

De acuerdo a los resultados logrados en la evaluación de las vibraciones mecánicas, se establecerá el programa de vigilancia de la salud para los operadores de maquinaria pesada que se encuentran expuestos a vibraciones mecánicas de cuerpo entero, este programa integra los siguientes elementos:

5.9.3.1. Exámenes médicos

Los trabajadores expuestos a vibraciones mecánicas deben someterse a exámenes médicos periódicos para detectar cualquier daño a la salud. Los exámenes médicos deben ser realizados por un médico ocupacional. Los exámenes médicos ocupacionales pueden incluir las siguientes pruebas: Examen físico general, examen neurológico y psicológico, examen de

fuerza muscular, examen de dolor y finalmente pruebas de imagen (radiografías o resonancias magnéticas).

5.9.3.2. Cuestionarios de salud

Los operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura expuestos a niveles de vibración mecánica también pueden responder cuestionarios de salud, los mismos que permitirán detectar cualquier sintomatología o molestia que se encuentre relacionada con la exposición a vibraciones. El cuestionario de salud debe ser desarrollado por el médico ocupacional de la institución.

5.9.3.3. Contenido de la historia clínica ocupacional

La historia clínica debe ser elaborada por el médico ocupacional y personal sanitario y su información debe ser confidencial, por lo que queda prohibida la divulgación de información concerniente a la salud de los operadores de maquinaria pesada. A continuación, se describen los formularios que debe integrar la Historia Clínica Ocupacional (HCO):

Tabla 27

Formularios que integran la HCO

Nombre del formulario	Código del formulario
Formulario de evaluación preocupacional – inicio.	SNS – MSP / Form. HCU 077.
Formulario de evaluación periódica.	SNS – MSP / Form. HCU 078.
Formulario de evaluación de reintegro.	SNS – MSP / Form. HCU 079.
Formulario de evaluación de retiro.	SNS – MSP / Form. HCU 080.
Certificado de salud en el trabajo.	SNS – MSP / Form. HCU 081.
Registro de inmunizaciones para la salud en el trabajo	SNS – MSP – Form. HCU 083

Fuente: Adaptado de (Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP], 2019).

De manera complementaria se debe integrar también los formularios para la Historia Clínica Única de los operadores de maquinaria pesada que se presentan en el Anexo 6, que recomienda el Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La Constitución Política del Ecuador en el Artículo 425 establece el orden jerárquico para la aplicación de normativa; en ese sentido, esta investigación cuenta con sustento legal ya que se analizó todas las leyes orgánicas. Para el ámbito evaluativo, en esta investigación se aplicó la norma ecuatoriana NTE INEN-ISO2631-1 del 20014 enfocada a la evaluación de (VMCE). Además, se incluyó normativa internacional que subsana los vacíos normativos en el Ecuador como: el Real Decreto 1311/2005 que establece los lineamientos esenciales para la protección de la salud de los trabajadores frente a la exposición a vibraciones mecánicas, la NTP 839/2009 que brinda la guía metodológica de evaluación de las (VMCE) y finalmente la NTP 601 presenta la guía de evaluación de la carga postural con el método REBA.
- Con los resultados obtenidos se concluye que, el 58% de la maquinaria pesada evaluada generan un nivel de vibración por encima de $0,5 m/s^2$, categorizando a estos puestos de trabajo con alto riesgo para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos. Por contra parte, el 42% del universo evaluado presentan niveles de vibración por debajo del índice TLV para la exposición a ocho horas laborables de vibraciones mecánicas, considerando a estos puestos de trabajo aceptables y sin riesgo para la salud de los operadores de maquinaria pesada. Con respecto a la evaluación de la vibración en el respaldo del asiento, este mostró que el 94% de los vehículos pesados están muy por debajo del valor para tomar acciones y solo un caso se encuentra exactamente en el valor para tomar una acción; por lo tanto, no representa ningún riesgo de deteriorar la salud.

- Con los resultados obtenidos de la evaluación ergonómica bajo la metodología REBA, se concluye que el 82% de los operadores de maquinaria pesada, presentan un nivel de riesgo medio, debido a que la puntuación final calculada se encuentra en el rango de 4 a 7 puntos, siendo necesaria iniciar la actuación para mejorar las condiciones el puesto y evitar el desarrollo de TME a mediano y largo plazo en los trabajadores. En ese sentido, el 18% de operadores presenta un nivel de riesgo alto, ya que la valoración final para este grupo de individuos está en el rango de 8 a 10 puntos, siendo necesaria la mejora de las condiciones de los puestos de trabajo cuanto antes y evitar afectaciones en el sistema osteomuscular.
- Esta investigación demostró que el 58% de operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura se encuentran expuestos a niveles de vibración mecánica superiores a los $0,5 m/s^2$ de índice TLV; esto permite concluir que el programa de vigilancia de la salud es pertinente y permite la mitigación del riesgo al que están expuestos los trabajadores, ya que se tomaron en cuenta acciones correctivas y focalizadas para brindar un puesto de trabajo saludable libre de elementos nocivos con efecto degenerativo de la salud, en el que prima la implementación de medidas preventivas y el cuidado permanente de la salud de cada operador de maquinaria pesada.
- Dado que el valor absoluto del estadístico t-student es 0.2831, lo cual es menor que el valor crítico de 2.1314, se concluye que la hipótesis nula no se rechaza. Además, el valor de correlación de Pearson, que es 0.0712, sugiere que la correlación está muy cerca de cero. En consecuencia, no se puede demostrar una relación directa entre la variable de vibraciones mecánicas de cuerpo entero y la variable de percepción sintomatológica de los operadores de maquinaria pesada en relación a los trastornos musculoesqueléticos.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la Prefectura de Imbabura adoptar medidas preventivas en un corto plazo (4 meses), por medio del departamento de mantenimiento general, se realice una evaluación del estado mecánico y del sistema anti vibratorio del asiento de cada maquinaria, con la finalidad de reemplazar los accesorios en estado defectuoso que no cumplan con la función de proteger al operador, de igual manera implementar la rotación de los operadores para reducir el tiempo de exposición a los niveles de vibración.
- Se recomienda a la Prefectura de Imbabura ejecutar un nuevo proceso evaluativo de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero; así como, de la carga postural una vez que se haya implementado todas las medidas preventivas, con la finalidad de correlacionar los resultados calculados en esta investigación.
- Dado que no se encontrado una relación con los datos de percepción sintomatológica de trastornos musculoesqueléticos recopilados en el cuestionario nórdico Kuorinka, se recomienda a la Prefectura de Imbabura llevar a cabo un estudio posterior para validar esta hipótesis. Este estudio podría incluir la utilización de datos clínicos, lo que permitiría el análisis clínico de imágenes generadas por rayos X, ultrasonido, resonancia magnética, entre otras, solicitadas por el medico ocupacional de la institución. Esta aproximación clínica podría ofrecer una comprensión más completa de la relación entre las vibraciones mecánicas de cuerpo entero y los trastornos musculoesqueléticos en los operadores de maquinaria pesada.
- Se recomienda a la Prefectura de Imbabura abrir la historia clínica ocupacional y realizar la valoración por el médico ocupacional cada año al 58% de operadores que se encuentran expuestos a niveles superiores de $0,5 \text{ m/s}^2$ de vibración, ya que son las personas que han mantenido una sobreexposición durante varios años; según la

recomendación del Real Decreto 1311/2005 son prioridad a atender estos casos urgentemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Morales, S. (2015). *Tratamiento lumbociatalgia inespecifica y sindrome del piriforme*. [Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2190/Tratamiento%20lumbociatalgia%20inespecifica%20y%20sindrome%20de%20piriforme.%20Revisi3n%20bibliografica.pdf?sequence=1>
- Ahn, Y. D., Rhie, J., & Kim, M.-G. (2022). The relevant factors of work-related fatigue for occupational vibration-exposed employees. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 34(1), 1-12. <https://doi.org/10.35371/aoem.2022.34.e6>
- Aitemin. (2010, junio). *GUÍA SOBRE EL RIESGO DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA MAQUINARIA MÓVIL UTILIZADA EN MINERÍA*. <https://docplayer.es/34682741-Guia-sobre-el-riesgo-de-exposicion-a-vibraciones-en-la-maquinaria-movil-utilizada-en-mineria.html>
- Alarc3n Guerra, N. M. (2022). *Diseño de un plan de vigilancia de salud ocupacional para la empresa SERPREMCAM, Tabacundo Ecuador* [Universidad Tecnol3gica Israel]. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/3197/1/UISRAEL-EC-MASTER-SSO-378.242-2022-030.pdf>
- Álvarez Heredia, F. (2011). *Salud ocupacional*. Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/69028>
- Araya-Quintanilla, F., Polanco-Cornejo, N., Cassis-Mahaluf, A., Ram3rez-Smith, V., & Guti3rrez-Espinoza, H. (2018). Efectividad de la movilizaci3n neurodinámica en el dolor y funcionalidad en sujetos con s3ndrome del t3nel carpiano: Revisi3n sistemática. *Revista de la Sociedad Espaola del Dolor*, 25(1), 26-36. <https://doi.org/10.20986/resed.2017.3567/2017>

- Araya-Solano, T., & Medina-Escobar, L. (2020). Determinación de la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en conductores de autobús en una parte del Gran Área Metropolitana, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 88-98. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5024>
- Arias-Meléndez, C., Comte-González, P., Donoso-Núñez, A., Gómez-Castro, G., Luengo-Martínez, C., & Morales-Ojeda, I. (2021). Condiciones de trabajo y estado de salud en conductores de transporte público: Una revisión sistemática. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 67(265), 278-297. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2021000400004>
- Arispe Alburqueque, C. M., Yangali Vicente, J. S., & Guerrero Bejarano, M. A. (2020). *La investigación científica: Una aproximación para los estudios de posgrado* (Primera). Universidad Internacional del Ecuador. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/171469>
- ASALE, R.-, & RAE. (2022a). *Bulldozer | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/bulldozer>
- ASALE, R.-, & RAE. (2022b). *Motoniveladora | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/motoniveladora>
- ASALE, R.-, & RAE. (2022c). *Rodillo | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/rodillo>
- Asensio-Cuesta, S., Bastante Ceca, M. J., & Diego Más, J. A. (2012). *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo* (1ª ed.). Paraninfo.
- Astudillo Ganora, I., Hernández Salinas, E., Peña Villegas, C., Sanhuesa Moralez, Lady, & Toledo Farias, A. (2021). Eficacia de la pistola vibratoria de masaje o terapia de vibración local y sus principales fundamentos en los distintos trastornos musculoesqueléticos: Una revisión bibliográfica. *Kinesiología*, 40(2), 111-117.

- Bauce, G. J., Córdova, M. A., & Avila, A. V. (2018). Operacionalización de variables. *Revista del Instituto Nacional de Higiene «Rafael Rangel», 49(2), Article 2.* http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_inhrr/article/view/18686
- Bovea Edo, M. D., Alberola, M. C., García Martín, N., Mulet Escrig, E., & Pérez Belis, V. (2011). *Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería.* Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/101983>
- Cabezas Mejía, E. D., Andrade Naranjo, D., & Torres Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (Primera). Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
- Callender Murillo, G. (2017). *Exposición a vibraciones de cuerpo entero, producida por equipos pesados, deteriorando la salud de los operadores, en el área de la construcción.* [Universidad Metropolitana de Educación Ciencia y Tecnología]. <https://repositorio.umecit.edu.pa/bitstream/handle/001/684/Gilberto%20Callender.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Campos Saavedra, G., Martínez, S., Calisto Ugas, V., Maldonado Aravena, D., López Muñoz, T., & Valdés Urbina, D. (2021). Efectividad del masaje Cyriax en el aumento del rom, en pacientes adultos con tenosinovitis de quervain. *Revista Chilena de Rehabilitación y Actividad Física, 1,* Article 1. <https://doi.org/10.32457/real1.1762>
- Código del Trabajo. (2012). *Prevención de los riesgos, de las medidas de seguridad e higiene, de los puestos de auxilio, y de la disminución de la capacidad para el trabajo, Artículo 410—425 [Capítulo V] (167; p. 159).* <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/C%C3%B3digo-de-Tabajo-PDF.pdf>

- Constitución de la República del Ecuador [Const.]. (2021). *Art 326 [Título VI]* (p. 219).
<https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Constitucion-de-la-Republica.pdf>
- Real Decreto 1311, Pub. L. No. [R.D 1311], 1 (2005).
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/85FA7068-0FDE-45BA-BF15-414AFAE9A022/101781/rd13112005.pdf
- European Sleep Care Institute. (2023, septiembre 21). *Trastornos musculoesqueléticos (TME) y descanso*. <https://escinstitute.com/area/trastornos-musculoesqueleticos-tme-y-descanso/>
- Falagán Rojo, M. Jesús. (2008). *Higiene industrial: Manual práctico: Vol. II* (1{487} ed). Fundación Luis Fernández Velasco.
- García Ortiz, E., Ferrero, J., Búrdalo, G., Fuentes, M., Cepeda, J., & de Barrios, M. (2006). *Aportación al conocimiento de la importancia de las vibraciones mecánicas en la maquinaria de automoción agrícola* [Universidad de León].
<http://acustica.unileon.es/wp-content/uploads/2012/05/Aportaci%C3%B3n-al-conocimiento-de-la-importancia-de-las-vibraciones-mec%C3%A1nicas-en-la-maquinaria-de-automoci%C3%B3n-agr%C3%ADcola.pdf>
- García Zambrano, J. V. (2019). Desórdenes músculo esqueléticos (DME) y su incidencia en la salud de los trabajadores de la construcción. *Revista San Gregorio*, 31, Article 31.
- Gómez-Conesa, A., & Valbuena Moya, S. (2005). Lumbalgia crónica y discapacidad laboral. *Fisioterapia*, 27(5), 255-265. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(05\)73448-9](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(05)73448-9)
- Gregorio Rojas, N. (2023). *Metodología de la investigación para anteproyectos* (1.^a ed.). Universidad Abierta Para Adultos (UAPA). <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/229656>

- Griffin, M. J. (2012). *Capítulo 50 Vibraciones. Enciclopedia de la OIT* (p. 20). D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/96266>
- HD2030 Delta OHM. (2014, junio 11). *Delta OHM HD2030 Manual Del Usuario*. ManualsLib. <https://www.manualslib.es/manual/388029/Delta-Ohm-Hd2030.html>
- Henao Robledo, F. (2014). *Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales (2a. Ed.)* (Segunda). Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/114361>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hoyo, D. E. H., Losardo, R. J., & Bianchi, R. I. (2021). Salud plena e integral: Un concepto más amplio de salud. *Revista de la Asociación Médica Argentina*, 134(1), 18-25.
- Ibarra, E. (2022, octubre 21). ¿Qué es la lumbalgia? *Masaje Quiropráctico by Edgar Ibarra*. <https://masajequiropractico.com/2022/10/21/que-es-la-lumbalgia/>
- IESS, I. (2003). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores [D.E. 2393]* (565; p. 71). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECRETO-EJECUTIVO-2393.-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf?x42051>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2014). *Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración en todo el cuerpo. Parte 1. Requisitos Generales*. (NTE INEN-ISO 2631-1; pp. 1-43). Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. <https://edoc.pub/2631-1v-pdf-free.html>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. (2001). *Evaluación de las condiciones de trabajo: Carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment)* ([NTP 601]; p. 7). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_601.pdf/2989c14f-2280-4eef-

9cb7-

f195366352ba#:~:text=En%20esta%20Nota%20T%C3%A9cnica%20se,corporales%20relacionados%20con%20el%20trabajo.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. (2009). *Notas Técnicas de Prevención [NTP 839]. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo* (p. 6). Centro Nacional de Condiciones del Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/328096/839+web.pdf/eeab2c72-7d28-41f5-879c-eaf9a133270e>

Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo [DECISIÓN 584]. (2004). *Artículo 11 [Capítulo III]* (461; p. 11). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECISI%C3%93N-584.-INSTRUMENTO-ANDINO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-EN-EL-TRABAJO.pdf?x42051>

IPESA. (2020). ¿Qué es un minicargador y por qué comprar uno? | ipesa. *Blog de maquinaria pesada* | IPESA. <https://www.ipesa.com.pe/blog/razones-comprar-minicargador/>

IPESA. (2023, enero 13). ¿Qué es una retroexcavadora y cuáles son sus tipos? *Blog de maquinaria pesada* | IPESA. <https://www.ipesa.com.pe/blog/que-es-una-retroexcavadora-y-cuales-son-sus-tipos/>

Isomedic. (2022, enero 26). Tratamiento Epicondilitis. *Isomedic*. <https://isomedic.es/tratamiento-epicondilitis/>

Jiménez Solís, F., Arboine Ciphás, M., & Solórzano Herra, S. (2021). Epicondilitis: Revisión bibliográfica desde una perspectiva médico legal. *Medicina Legal de Costa Rica*, 38(1), 80-88.

Krajnak, K. (2019). Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *Revista de toxicología y salud ambiental. Parte B, Reseñas críticas.*, 21(5), 320-334. <https://doi.org/10.1080/10937404.2018.1557576>

- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Marín Castro, M. N., Useche Cubides, H. J., & Monroy Silva, M. V. (2021). Aplicación de métodos de evaluación de riesgo biomecánico en el contexto empresarial: Una revisión de la literatura. En *Desarrollo e Innovación en Ingeniería: Vol. II* (6.^a ed., pp. 236-250). Instituto Antioqueño de Investigación. https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/357884649_Desarrollo_e_innovacion_en_ingenieria_Vol_II/links/61e57b555779d35951b5466d/Desarrollo-e-innovacion-en-ingenieria-Vol-II.pdf#page=236
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP]. (2019). *Aplicación de la historia clínica ocupacional. Instructivo* (p. 76). Ministerio de Salud Pública, Subsecretaría Nacional de Promoción de la Salud e Igualdad. Dirección Nacional de Ambiente y Salud. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Instructivo-de-Aplicacion_historia_clinica_doc-Octubre-2020.pdf
- MotorGiga. (2023). *Cargadora y Excavadora: Definición y Significado*. <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/cargadora-definicion-significado/gmx-niv15-con193422.htm>
- Navarro Romero, E. del C., Monroy Silva, M. V., Sánchez Zambrano, D. F., Villarreal López, L., & Zea Forero, C. R. (2021). Evaluación y mitigación de los riesgos biomecánicos y de utilización de metodologías Lean para mejorar las condiciones laborales: Una revisión sistemática de la literatura. En *Desarrollo e innovación en ingeniería: Vol. II* (septiembre 2021, pp. 173-187). Instituto Antioqueño de Investigación. <https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna->

- M/publication/357884649_Desarrollo_e_innovacion_en_ingenieria_Vol_II/links/61e57b555779d35951b5466d/Desarrollo-e-innovacion-en-ingenieria-Vol-II.pdf#page=236
- Navas Cuenca, E. (2018a). *Ergonomía (2a. Ed.)* (2a. ed.). Editorial ICB. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/111471>
- Navas Cuenca, E. (2018b). *Prevención de riesgos laborales: Sector Servicios: riesgos específicos del trabajo de conductor* (2a. ed.). Editorial ICB. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/105505>
- Nulgara Longo, R., Suárez González, A. B., & Longo Rodrigo, Á. A. (2023). ▷ *El síndrome del túnel carpiano no solo afecta a los auxiliares administrativos* [Científico-Técnica]. <https://revistamedica.com/sindrome-tunel-carpiano-auxiliares-administrativos/>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (1978). *Protección de los trabajadores contra riesgos profesionales, Artículo 3 [Parte I]* (CVN 148; p. 5). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/CVN-148-PROTECCION-DE-LOS-TRABAJADORES-CONTRA-RIESGOS-PROFESIONALES.pdf?x42051>
- Ortiz-Cañavate, J., Barreiro Elorza, P., Diezma Iglesias, B., García Ramos, F. J., Gil Sierra, J., Moya Gonzáles, A., Ortiz Sánchez, C., Ruiz Altisent, M., Ruiz García, L., & Valero Ubierna, C. (2012). *Las máquinas agrícolas y su aplicación* (Séptima edición). Ediciones Mundi-Prensa. http://bibliotecas.upse.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=17006&shelfbrowse_itemnumber=33700#holdings
- Parra Leal, H. (2011, septiembre 3). *Síndrome Cervical por Tension*. <http://www.enfoqueocupacional.com/2011/09/sindrome-cervical-por-tension.html>
- Proaño Rivera, W. B. (2020). *Estadística descriptiva e inferencial* (1.ª ed.). Universidad del Azuay. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/233574>
- ProArgentina. (2005a). *Maquinaria agrícola*. El Cid Editor. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/98179>

- ProArgentina. (2005b). *Maquinaria agrícola/ Australia*. El Cid Editor.
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/98189>
- Ramírez López, A. (2021). *Control de vibraciones de cuerpo entero en conductores de maquinaria pesada en la actividad piñera de la empresa Upala Agrícola durante el periodo de enero a noviembre de 2020*. [Universidad Nacional Costa Rica].
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13271/TFG_Alberto_Ramirez_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez Soriano, A. (2020). *Prevención de riesgos laborales: Máquinas de carga* (Primera). Marge Books. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/160740>
- Raquis. (2021, agosto 18). *Tendinitis del manguito rotador*. Raquis Clínicas Quiroprácticas.
<https://www.raquischile.cl/tendinitis-del-manguito-rotador/>
- Rivas López, P. J. (2018). Síndrome Vibratorio Mano-Brazo: Revisión literaria. *Medicina Legal de Costa Rica*, 35(1), 127-145.
- Rodríguez, A. M. (2019). Síndrome del túnel carpiano: Revisión no sistemática de la literatura. *Revista Médica Sanitas*, 22(2), Article 2. <https://doi.org/10.26852/01234250.37>
- Rojas Álvarez, C. J. (2021). *Introducción a la proporción y a los vectores* (Vol. 0). Universidad del Norte. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/185008>
- Satteson, E., & Tannan, S. C. (2022, septiembre 19). *The Quervain Tenosynovitis*. StatPearls [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442005/>
- Torres Laborde, J. L., & Jaramillo Naranjo, O. L. (2014). *Diseño y análisis del puesto de trabajo: Herramienta para la gestión del talento humano*. Universidad del Norte.
<https://books.google.com.ec/books?id=Gr6QCgAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- TratamientoBlog. (2016, marzo 3). *Lumbociatalgia tratamiento parte derecha e izquierda aguda*. <https://tratamientoblog.com/lumbociatalgia/>

Trejo Sánchez, K. (2021). *Fundamentos de metodología para la realización de trabajos de investigación* (Vol. 1). Editorial Parmenia, Universidad La Salle México. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/183470>

Universidad de Córdoba [UCO]. (2018). *Vibraciones: Metodología de medición*. Lab virtual riesgos laborales. <http://www.uco.es/RiesgosLaborales/fisicoyquimico/vibraciones/tutorials/view/7-Metodologia-de-medicion>

Vásquez-Zamora, L., Canales-Sánchez, C., & Suarez Bacilio, A. M. (2023). Síndrome Cervical por tensión en el personal médico de un hospital de la ciudad de Guayaquil. *Revista San Gregorio*, 1(54), 79-97. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i54.2450>

ANEXOS

Anexo 1

Muestras de aceleración con vibrómetro HD2030 Delta OHM


TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición (hrs)	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
MOTONIVELADORA	0850	NIVELAR VÍA	8	7	5	0,6103	0,5981	0,6253	0,5900	0,5801	0,6011
					5	0,3602	0,3711	0,3532	0,4577	0,4611	0,4553
					5	0,5842	0,5741	0,5975	0,4500	0,4543	0,4481
					Muestra ponderada	15	0,5303	0,5244	0,5394	0,5034	0,5018
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
RODILLO	0840	COMPACTAR SUELO	8	6	5	0,5993	0,5872	0,6166	0,6351	0,6151	0,6698
					5	0,6362	0,6155	0,6699	0,5882	0,5763	0,6027
					5	0,6365	0,6157	0,6691	0,5851	0,5733	0,6001
					Muestra ponderada	15	0,6242	0,6063	0,6523	0,6032	0,5885
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
MINICARGADORA	0852	REMOVER Y CARGAR MATERIAL	8	6	5	0,6271	0,6081	0,6632	0,4651	0,4701	0,4636
					5	0,6285	0,6082	0,6621	0,6263	0,6073	0,6593
					5	0,4531	0,4578	0,4526	0,4292	0,4334	0,4261
					Muestra ponderada	15	0,5755	0,5625	0,6008	0,5141	0,5091
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
CARGADORA	0845	REMOVER Y CARGAR MATERIAL	8	7	5	0,5912	0,5792	0,6131	0,4641	0,4672	0,4615
					5	0,4583	0,4612	0,4566	0,4623	0,4654	0,4604
					5	0,5881	0,5774	0,6102	0,6302	0,6112	0,6672
					Muestra ponderada	15	0,5494	0,5393	0,5600	0,5189	0,5146
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
RETROEXCARGADOR A	0843	EXCAVAR Y AMPLIAR VÍA	8	2	5	0,5781	0,5722	0,3413	1,6693	1,5341	0,3784
					5	0,6513	0,6411	0,3941	0,8142	0,7124	0,4388
					5	0,4385	0,4487	0,2633	0,4350	0,4310	0,2624
		Muestra ponderada	15	0,5629	0,5597	0,3372	1,1013	1,0078	0,3672		
		CARGAR MATERIAL	8	5	5	0,7641	0,7501	0,4644	0,6332	0,5334	0,3701
					5	0,4441	0,4528	0,2741	0,3626	0,3051	0,2543
5	0,3854				0,4149	0,2418	0,2988	0,3104	0,1729		
Muestra ponderada	15	0,5567	0,5597	0,3412	0,4552	0,3975	0,2778				
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
MOTONIVELADORA	0849	CONFORMAR Y NIVELAR VÍA	8	7	5	0,1844	0,1825	0,1079	0,1762	0,1645	0,1010
					5	0,2828	0,2811	0,2409	0,3250	0,2722	0,2437
					5	0,3299	0,3247	0,1909	0,2930	0,2732	0,2471
					Muestra ponderada	15	0,2725	0,2694	0,1881	0,2723	0,2421
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
RODILLO	4305	CAMPARTAR SUELO	8	6	5	0,1615	0,1582	0,0982	0,1825	0,1703	0,1050
					5	0,2711	0,2666	0,1688	0,2914	0,2712	0,1692
					5	0,2716	0,2880	0,1355	0,2320	0,1572	0,1323
					Muestra ponderada	15	0,2404	0,2443	0,1372	0,2395	0,2060
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
MOTONIVELADORA	0835	DESBROZAR Y NIVELAR SUELO	8	6	5	0,2603	0,2603	0,3357	0,4704	0,5093	0,2615
					5	0,2715	0,2883	0,1354	0,2326	0,1576	0,1323
					5	0,1611	0,1578	0,1324	0,2716	0,2884	0,1351
					Muestra ponderada	15	0,2362	0,2421	0,2225	0,3411	0,3500
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P.	ACTIVIDADES	T _o : duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
RETROEXCAVADORA	0844	DESBROZAR Y CARGAR MATERIAL	8	7	5	0,2754	0,271	0,2404	0,3292	0,2738	0,3455
					5	0,2691	0,266	0,2751	0,4758	0,3985	0,2549
					5	0,1753	0,1692	0,1045	0,1841	0,1714	0,1405
					Muestra ponderada	15	0,2443	0,2400	0,2194	0,3505	0,2962

TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
						Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
MOTONIVELADORA	0856	RECONFORMAR VÍA	8	7	5	0,4471	0,3443	0,2137	0,3083	0,287	0,1772
					5	0,3958	0,3841	0,2396	0,293	0,2732	0,2471
					5	0,2971	0,2904	0,1805	0,2971	0,2763	0,1731
					Muestra ponderada	15	0,3851	0,3418	0,2126	0,2995	0,2789
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
RODILLO	435A	COMPACTAR SUELO	8	5	5	0,4207	0,2894	0,1823	0,3002	0,2782	0,1803
					5	0,2710	0,2666	0,1688	0,2914	0,271	0,1692
					5	0,2864	0,2779	0,1711	0,2904	0,2716	0,1682
					Muestra ponderada	15	0,3329	0,2781	0,1742	0,2940	0,2736
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
TRACTOR BULLDOZER DBR	0830	ROTURACIÓN CON RIPPER	8	3	5	0,3299	0,3247	0,1909	0,687	0,7269	0,3284
					5	0,3345	0,4149	0,2027	0,3165	0,2937	0,1840
					5	0,3854	0,3780	0,2418	0,3247	0,2967	0,1853
		Muestra ponderada	15	0,3508	0,3744	0,2129	0,4752	0,4840	0,2422		
		EMPUJAR Y APILAR MATERIAL	8	4	5	0,8260	0,6269	0,3745	0,6389	0,6807	0,3115
					5	0,6950	0,6966	0,3206	0,3689	0,3104	0,1879
5	0,7087				0,7071	0,3209	0,2988	0,2795	0,1729		
Muestra ponderada	15	0,7456	0,7459	0,3396	0,4596	0,4611	0,2325				
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
MOTONIVELADORA	0823	NIVELAR TERRENO	8	7	5	0,7006	0,7046	0,3247	0,2975	0,2773	0,1723
					5	0,6862	0,6886	0,3147	0,2897	0,2732	0,1684
					5	0,3016	0,2828	0,1753	0,2917	0,2741	0,1710
					Muestra ponderada	15	0,5924	0,5918	0,2800	0,2930	0,2749
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
MINICARGADORA	3801	DESALOJAR MATERIAL	8	7	5	0,3655	0,3749	0,2700	0,3165	0,2967	0,1840
					5	0,4078	0,3999	0,2471	0,3198	0,2964	0,1830
					5	0,4395	0,4451	0,2175	0,2860	0,2703	0,1674
					Muestra ponderada	15	0,4054	0,4077	0,2458	0,3078	0,2881
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
EXCAVADORA	3301	EXCAVAR Y AMPLIAR VÍA	8	7	5	0,2841	0,2763	0,2407	0,3195	0,2968	0,1834
					5	0,3754	0,3213	0,1735	0,3144	0,2917	0,1811
					5	0,3262	0,3187	0,1531	0,2732	0,2766	0,1735
					Muestra ponderada	15	0,2497	0,2435	0,1647	0,2427	0,2342
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
TRACTOR ROTURADOR	0828	ROTURAR CON RIPPER Y RASANTEAR MATERIAL	8	7	5	0,6109	0,6018	0,3622	0,4187	0,3728	0,2432
					5	0,5058	0,4926	0,3083	0,5211	0,4666	0,2864
					5	0,4825	0,4704	0,2927	0,429	0,3845	0,2401
					Muestra ponderada	15	0,5360	0,5248	0,3224	0,4586	0,4101
TIPO DE MAQUINARIA PESADA	Nº DISCO M.P	ACTIVIDADES	T: duración de referencia (8 hrs)	T: duración total diaria de la exposición	Tiempo de medición (min)	Base de asiento			Respaldo de asiento		
RETROEXCAVADORA	0810	PEINAR TALÚD Y CARGAR MATERIAL	8	7	5	0,3535	0,3511	0,206	0,3404	0,3341	0,184
					5	0,2673	0,2651	0,1669	0,2348	0,2201	0,0995
					5	0,2864	0,2805	0,1757	0,2999	0,2763	0,2633
					Muestra ponderada	15	0,3047	0,3012	0,1836	0,2949	0,2807

Anexo 2

Certificado de calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-0870-001-23

						
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE						
NOMBRE:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE					
DIRECCIÓN:	AV. 17 DE JULIO, IBARRA					
TELÉFONO:	(06)2997800					
PERSONA(S) DE CONTACTO:	HUGO GODOY					
IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN						
ÍTEM:	ANALIZADOR DE VIBRACIONES	UNIDAD DE MEDIDA:	m/s ²			
MARCA:	DELTA OHM	RESOLUCIÓN:	0,0001 ; 0,001 ; 0,01			
MODELO:	HD2030	INTERVALO DE MEDIDA ⁽¹⁾ :	± 100 m/s			
SERIE:	16041930325	UBICACIÓN:	NO ESPECIFICA			
CÓDIGO ⁽¹⁾ :	16041930325					
EQUIPAMIENTO UTILIZADO						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	VENCE CAL.	N° CERTIFICADO
EL.PC.039	CALIBRADOR DE VIBRACIONES	CESVA	CV211	0960135	2023-03-24	31798-2
EL.PT.365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	190601459	2023-03-30	CC-1187-005-22
DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA						
Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).						
CALIBRACIÓN						
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON PATRONES DE REFERENCIA					
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.PG					
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LAB. TORQUE, FUERZA Y PRESIÓN (ELICROM)					
TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:	23,6 °C	±0,2 °C				
HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	51,5 %HR	±0,5 %HR				
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN						
Unidad de Medida	Lectura Ítem	Lectura Patrón	Error de Medición	Incertidumbre (k=2)	Frecuencias	
m/s ² (metro por segundo cuadrado)	1,019	0,980	0,039	0,028	15,92 Hz	
	2,046	1,970	0,076	0,041		
m/s ² (metro por segundo cuadrado)	1,085	0,990	0,095	0,023	40,00 Hz	
	2,170	1,970	0,200	0,036		
	5,304	4,930	0,374	0,074		
m/s ² (metro por segundo cuadrado)	1,026	1,010	0,016	0,014	159,92 Hz	
	2,047	1,970	0,077	0,027		
	5,036	4,930	0,106	0,067		
	10,080	9,87	0,21	0,13		
m/s ² (metro por segundo cuadrado)	20,240	19,73	0,51	0,27	636,6 Hz	
	0,957	1,020	-0,063	0,013		
	1,914	1,970	-0,056	0,026		
	4,837	4,930	-0,093	0,063		
	9,641	9,87	-0,23	0,13		
	19,290	19,73	-0,44	0,25		
OBSERVACIONES						
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.						
NOTA: La lectura del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).						
⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.						
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del ítem de calibración (proporcionada por el fabricante).						
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Jonathan Zambrano					
FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:	2023-02-14	FECHA DE EMISIÓN:	2023-02-17			
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2023-02-14					



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:

Ing. Savino Pineda
Gerente Técnico

Firma electrónica

Anexo 3

Autorización levantamiento información en la Prefectura de Imbabura.



GAD PROVINCIAL
DE IMBABURA



PREFECTURA
DE IMBABURA

Oficio Nro. GPI-NA-DGTH-2022-0311-O

Ibarra, 28 de diciembre de 2022

Asunto: Respuesta a solicitud de brindar las facilidades y acceso a información del proyecto detallado con fines académicos y de investigación.

Doctora
Lucía Yépez
Decana
FACULTAD DE POSGRADO - UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. 42744, referente al oficio 510-DFP, de diciembre de 2022, en el cual solicita se brinde las facilidades y acceso a información del proyecto detallado con fines académicos y de investigación, al Sr. Hugo Hernán Godoy Collaguazo, estudiante de la maestría en Higiene y Salud Ocupacional, que se encuentra desarrollando su proyecto de trabajo de grado orientado a: "VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO ENTERO Y SU INCIDENCIA EN LOS TRASTORNOS MUSCULO ESQUELÉTICOS EN OPERADORES DE MAQUINARIA PESADA"

Bajo lo expuesto es factible que el mencionado estudiante realice su proyecto en el GPI ya que está de acorde con los objetivos del área de Seguridad y Salud, con el fin de prevenir y controlar los riesgos, investigando sus posibles causales.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente
Mgter. Elena del Rocío Ambato Ugarte
DIRECTORA GENERAL DE TALENTO HUMANO

Referencias:
- GPI-NA-SGAC-2022-4412-E

Anexos:
- id_42744_utm.pdf

Copia:
Señor Magíster
Álvaro Luis Chávez Benalcázar
Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional

Señora Magíster
Diana Ximena Torres Argoti
Analista de Talento Humano I

ac



[Handwritten signature]
05-01-2023
11h13



Ibarra
Bolívar y Oviedo, esq.



Firmado electrónicamente por
ELENA DEL ROCIO
AMBATO UGARTE

Teléfono: (593 6) 2955 225
2955 832, 2953 939

Fax: (593 6) 2955 430
email: gpi@imbabura.gob.ec

Anexo 4

Puntuaciones de los Grupos A, B y final del método REBA

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Puntuación del Grupo A.

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Puntuación del Grupo B.

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Puntuación C.

Anexo 5

Cuestionario Nórdico Kuorinka



CUESTIONARIO NÓRDICO DE SÍNTOMAS MUSCULOESQUELÉTICOS

El siguiente cuestionario tiene como objetivo recopilar información necesaria para la detección y análisis de síntomas musculoesqueléticos, en operadores de maquinaria pesada de la Prefectura de Imbabura que se encuentran expuestos a vibraciones mecánicas de cuerpo entero.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Este cuestionario sirve para recopilar información sobre dolor, fatiga o discomfort en distintas zonas corporales. ➤ Muchas veces no se va al médico apenas aparecen los primeros síntomas, y nos interesa conocer si existe cualquier molestia, especialmente si las personas no han consultado aún por ellas. ➤ En el dibujo del lado izquierdo se observan las distintas partes corporales contempladas en el cuestionario. Los límites entre las distintas partes no están claramente definidos y, no es problema porque se superponen. ➤ Toda información en este cuestionario es confidencial, por lo que le invitamos a contestar con sinceridad; la información recopilada tiene fines exclusivamente investigativos.
--	--

DATOS DEL ENCUESTADOR

Nombre del encuestador: Ing. Hugo Godoy

Lugar donde se realiza la encuesta: Provincia de Imbabura

Provincia: Imbabura Fecha: / / 2023

Numero de cuestionario: _____

DATOS DEL OPERADOR Y MAQUINARIA PESADA

Tipo de maquinaria y N.º de Disco: _____

Antigüedad como operador: _____ (Años)

Edad: ____ (Años) Sexo: Masculino: Femenino:

Tipo de licencia: A B C D E F G

Marca de maquinaria pesada que opera: _____

Anexo 6

Formulario preocupacional para Historia Clínica Ocupacional

A. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO - EMPRESA Y USUARIO																							
INSTITUCIÓN DEL SISTEMA O NOMBRE DE LA EMPRESA					RUC			CIU		ESTABLECIMIENTO DE SALUD					NÚMERO DE HISTORIA CLÍNICA			NÚMERO DE ARCHIVO					
PRIMER APELLIDO			SEGUNDO APELLIDO			PRIMER NOMBRE			SEGUNDO NOMBRE			SEXO	EDAD (AÑOS)	RELIGIÓN				GRUPO SANGUÍNEO		LATERALIDAD			
ORIENTACIÓN SEXUAL		IDENTIDAD DE GÉNERO				DISCAPACIDAD				FECHA DE INGRESO AL TRABAJO (aaaa/mm/dd)		PUESTO DE TRABAJO (CIU)		ÁREA DE TRABAJO		ACTIVIDADES RELEVANTES AL PUESTO DE TRABAJO A OCUPAR							
Lesbiana	Gay	Bisexual	Heterosexual	No sabe/no responde	Femenino	Masculino	Trans	No sabe/no responde	SI	NO	TIPO	%											
B. MOTIVO DE CONSULTA																			ANOTAR LA CAUSA DEL PROBLEMA EN LA VERSIÓN DEL INFORMANTE				
Descripción																							
C. ANTECEDENTES PERSONALES																							
ANTECEDENTES CLÍNICOS Y QUIRÚRGICOS																							
Descripción																							
ANTECEDENTES GINECO OBSTÉTRICOS																							
MENARQUÍA			CICLOS		FECHA DE ÚLTIMA MENSTRUACIÓN (aaaa/mm/dd)		GESTAS	PARTOS	CESÁREAS	ABORTOS	HIJOS		VIDA SEXUAL ACTIVA		MÉTODO DE PLANIFICACIÓN FAMILIAR								
											VIVOS	MUERTOS	SI	NO	SI	NO	TIPO						
EXÁMENES REALIZADOS		SI	NO	TIEMPO (años)	RESULTADO				EXÁMENES REALIZADOS		SI	NO	TIEMPO (años)	RESULTADO									
PAPANICOLAOU									ECO MAMARIO														
COLPOSCOPIA									MAMOGRAFÍA														
ANTECEDENTES REPRODUCTIVOS MASCULINOS																							
EXÁMENES REALIZADOS		SI	NO	TIEMPO (años)	RESULTADO				MÉTODO DE PLANIFICACIÓN FAMILIAR			HIJOS											
											SI	NO	TIPO	VIVOS	MUERTOS								
ANTÍGENO PROSTÁTICO																							
ECO PROSTÁTICO																							
HÁBITOS TÓXICOS										ESTILO DE VIDA													
CONSUMOS NOCIVOS		SI	NO	TIEMPO DE CONSUMO (meses)	CANTIDAD	EX CONSUMIDOR	TIEMPO DE ABSTINENCIA (meses)	ESTILO	SI	NO	¿CUÁL?			TIEMPO / CANTIDAD									
TABACO								ACTIVIDAD FÍSICA						Tiempo (día)									
ALCOHOL								MEDICACIÓN HABITUAL						Cantidad (unidad)									
OTRAS DROGAS:																							
D. ANTECEDENTES DE TRABAJO																							
ANTECEDENTES DE EMPLEOS ANTERIORES																							
EMPRESA		PUESTO DE TRABAJO			ACTIVIDADES QUE DESEMPEÑABA					TIEMPO DE TRABAJO (meses)		RIESGO					OBSERVACIONES						
											FÍSICO	MECÁNICO	QUÍMICO	BIOLÓGICO	ERGONÓMICO	PSICOSOCIAL							
ACCIDENTES DE TRABAJO (DESCRIPCIÓN)																							
FUE CALIFICADO POR EL INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL CORRESPONDIENTE:															SI <input type="checkbox"/>		ESPECIFICAR: _____			NO <input type="checkbox"/>		FECHA: _____	
Observaciones:																							
ENFERMEDADES PROFESIONALES																							
FUE CALIFICADA POR EL INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL CORRESPONDIENTE:															SI <input type="checkbox"/>		ESPECIFICAR: _____			NO <input type="checkbox"/>		FECHA: _____	
Observaciones:																							

K. EXAMEN FÍSICO REGIONAL														
REGIONES														
1. Piel	a. Cicatrices		3. Oído	a. C. auditivo externo		5. Nariz	a. Tabique		8. Tórax	a. Pulmones		11. Pelvis	a. Pelvis	
	b. Tatuajes			b. Pabellón			b. Cornetes			b. Parrilla Costal			b. Genitales	
	c. Piel y Faneras			c. Timpanos			c. Mucosas			d. Senos paranasales			a. Visceras	
2. Ojos	a. Párpados		4. Oro faringe	a. Labios		6. Cuello	a. Tiroides / masas		9. Abdomen	b. Pared abdominal		12. Extremidades	b. Miembros superiores	
	b. Conjuntivas			b. Lengua			b. Movilidad			a. Flexibilidad			c. Miembros inferiores	
	c. Pupilas			c. Faringe			a. Mamas			b. Desviación			a. Fuerza	
	d. Córnea			d. Amígdalas			b. Corazón			c. Dolor			b. Sensibilidad	
	e. Motilidad			e. Dentadura									c. Marcha	
												d. Reflejos		
SI EXISTE EVIDENCIA DE PATOLOGÍA MARCAR CON "X" Y DESCRIBIR EN LA SIGUIENTE SECCIÓN COLOCANDO EL NUMERAL														
Observaciones:														

L. RESULTADOS DE EXAMENES GENERALES Y ESPECIFICOS DE ACUERDO AL RIESGO Y PUESTO DE TRABAJO (IMAGEN, LABORATORIO Y OTROS)		
EXAMEN	FECHA aaaa/mm/dd	RESULTADOS
OBSERVACIONES:		

M. DIAGNÓSTICO		PRE= PRESUNTIVO	DEF= DEFINITIVO	CIE	PRE	DEF
1	Descripción					

N. APTITUD MÉDICA PARA EL TRABAJO			
APTO	APTO EN OBSERVACIÓN	APTO CON LIMITACIONES	NO APTO
Observación			
Limitación			

O. RECOMENDACIONES Y/O TRATAMIENTO
Descripción

CERTIFICO QUE LO ANTERIORMENTE EXPRESADO EN RELACIÓN A MI ESTADO DE SALUD ES VERDAD. SE ME HA INFORMADO LAS MEDIDAS PREVENTIVAS A TOMAR PARA DISMINUIR O MITIGAR LOS RIESGOS RELACIONADOS CON MI ACTIVIDAD LABORAL.

P. DATOS DEL PROFESIONAL						Q. FIRMA DEL USUARIO	
FECHA aaaa/mm/dd		HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	CÓDIGO	FIRMA Y SELLO		

Anexo 7*Norma NTE INEN-ISO 2631-1/2014*

Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA****NTE INEN-ISO 2631-1**
Segunda edición
2014-01**VIBRACIÓN MECÁNICA Y CHOQUE. EVALUACIÓN DE LA
EXPOSICIÓN DE LOS SERES HUMANOS A LA VIBRACIÓN EN
TODO EL CUERPO. PARTE 1. REQUISITOS GENERALES (ISO 2631-
1:1997, IDT)**MECHANICAL VIBRATION AND SHOCK. EVALUATION OF HUMAN EXPOSURE TO WHOLE-
BODY VIBRATION PART 1:GENERAL REQUIREMENTS (ISO 2631-1:1997, IDT)

Correspondencia:

Esta norma nacional es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 2631-1:1997

DESCRIPTORES: exposición, salud, vibración.
ICS: 13.160**43**
Páginas© ISO 1997 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

Anexo 8

NTP 601: Evaluación de carga postural. Método REBA.

Año: 2001



NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment)



Évaluation des conditions de travail: charge posturale
Working conditions assessment methods: postural load

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.

Redactora:

Silvia Nogareda Cuixart
Lda. en Medicina y Cirugía

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En esta Nota Técnica se presenta el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) que ha sido desarrollado por Hignett y McAtamney (Nottingham, 2000) para estimar el riesgo de padecer desórdenes corporales relacionados con el trabajo.

Introducción

Las técnicas que se utilizan para realizar un análisis postural tienen dos características que son la sensibilidad y la generalidad; una alta generalidad quiere decir que es aplicable en muchos casos pero probablemente tenga una baja sensibilidad, es decir, los resultados que se obtengan pueden ser pobres en detalles. En cambio, aquellas técnicas con alta sensibilidad en la que es necesaria una información muy precisa sobre los parámetros específicos que se miden, suelen tener una aplicación bastante limitada. Pero de las conocidas hasta hoy en día, ninguna es especialmente sensible para valorar la cantidad de posturas forzadas que se dan con mucha frecuencia en las tareas en las que se han de manipular personas o cualquier tipo de carga animada.

El método que se presenta es una nueva herramienta para analizar este tipo de posturas; es de reciente aparición y está en fase de validación aunque la fiabilidad de la codificación de las partes del cuerpo es alta.

Guarda una gran similitud con el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) pero así como éste está dirigido al análisis de la extremidad superior y a trabajos en los que se realizan movimientos repetitivos, el REBA es más general. Además, se trata de un nuevo sistema de análisis que incluye factores de carga postural dinámicos y estáticos, la interacción persona-carga, y un nuevo concepto que incorpora tener en cuenta lo que llaman "la gravedad asistida" para el mantenimiento de la postura de las extremidades superiores, es decir, la ayuda que puede suponer la propia gravedad para mantener la postura del brazo, por ejemplo, es más costoso mantener el brazo levantado que tenerlo colgando hacia abajo aunque la postura esté forzada.

A pesar de que inicialmente fue concebido para ser aplicado para analizar el tipo de posturas forzadas que suelen darse entre el personal sanitario, cuidadores, fisioterapeutas, etc. (lo que en anglosajón llamaríamos health care) y otras actividades del sector servicios, es aplicable a cualquier sector o actividad laboral.

Tal como afirman las autoras, este método tiene las siguientes características: se ha desarrollado para dar respuesta a la necesidad de disponer de una herramienta que sea capaz de medir los aspectos referentes a la carga física de los trabajadores; el análisis puede realizarse antes o después de una intervención para demostrar que se ha rebajado el riesgo de padecer una lesión; da una valoración rápida y sistemática del riesgo postural del cuerpo entero que puede tener el trabajador debido a su trabajo.

Objetivos

El desarrollo del REBA pretende:

- Desarrollar un sistema de análisis postural sensible para riesgos musculoesqueléticos en una variedad de tareas.
- Dividir el cuerpo en segmentos para codificarlos individualmente, con referencia a los planos de movimiento.
- Suministrar un sistema de puntuación para la actividad muscular debida a posturas estáticas (segmento corporal o una parte del cuerpo), dinámicas (acciones repetidas, por ejemplo repeticiones superiores a 4 veces/minuto, excepto andar), inestables o por cambios rápidos de la postura.
- Reflejar que la interacción o conexión entre la persona y la carga es importante en la manipulación manual pero que no siempre puede ser realizada con las manos.