

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS  
INFORME FINAL DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

**DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MANO-BRAZO Y CUERPO EN  
TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN Y/O REPARACIÓN DE CARRETERAS Y  
PUENTES EN COSTA RICA**

Elaborado por:

Ing. Gabriela Morales Martínez

Ing. Tannia Araya Solano

2010

## 2. Tabla de contenidos

Índice de cuadros .....	3
Índice de gráficos.....	3
Índice de figuras.....	3
3. Título .....	4
4. Autoras y direcciones : .....	4
5. Investigadoras participantes:.....	4
6. Resumen .....	5
7. Palabras claves .....	6
8. Introducción.....	7
<i>Definición del problema</i> .....	9
<i>Objetivos específicos</i> .....	9
9. Metodología .....	10
<i>Tipo de estudio</i> .....	10
<i>Fuentes de información</i> .....	10
<i>Selección de la muestra</i> .....	11
<i>Herramientas de análisis</i> .....	12
10.Resultados y discusión .....	15
11.Conclusiones .....	23
12.Recomendaciones .....	25
13.Agradecimientos.....	27
14.Bibliografía .....	28

### **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Niveles de exposición (VDV, $m/s^2$ , aceleración máxima) a vibraciones en cuerpo entero en posición sentado en los ejes x,y,z y sumatoria, evaluación salud.....	16
Cuadro 2. Niveles de exposición (VDV, $m/s^2$ ) a vibraciones en cuerpo entero en posición sentado y espalda en los ejes x,y,z y sumatoria, evaluación de confort.....	17
Cuadro 3. Resultados de la evaluación a vibraciones en mano brazo para los ejes X, Y, Z y sumatoria en $m/s^2$ para diferentes maquinarias.....	18

### **Índice de gráficos**

Gráfico 1. Porcentaje de dolencias presentadas “a veces” antes y después del uso de la compactadora, según las partes del cuerpo.....	20
Gráfico 2. Porcentaje de dolencias presentadas “muy a menudo” antes y después del uso de la compactadora, según las partes del cuerpo.....	21
Gráfico 3. Porcentaje de dolencias presentadas “a veces” antes y después del uso de la retroexcavadora, según las partes del cuerpo.....	22

### **Índice de figuras**

Figura 1. Compactadora evaluada en el proyecto.....	15
Figura 2. Máquina cortadora de pavimento utilizada durante la toma de datos.....	18

### 3. Título

**Determinación de la exposición a vibraciones mano-brazo y cuerpo en trabajadores de la construcción y/o reparación de carreteras y puentes en Costa Rica**

### 4. Autoras y direcciones :

Ing. Gabriela Morales Martínez ([gmorales@itcr.ac.cr](mailto:gmorales@itcr.ac.cr))

Ing. Tannia Araya Solano ([taraya@itcr.ac.cr](mailto:taraya@itcr.ac.cr))

### 5. Investigadoras participantes:

<b>Nombre del (la) investigador(a) y grado académico</b>	<b>Grado Académico</b>	<b>Cédula</b>
Ing. Gabriela Morales Martínez Investigadora principal	Bachiller	3330684
Ing. Tannia Araya Solano	Bachiller	3373903

## 6. Resumen

El presente estudio exploratorio tiene como objetivo cuantificar los niveles de vibraciones mano-brazo y cuerpo en el uso de herramientas y maquinaria pesada en construcción y/o reparación de carreteras y puentes en la Gran Área Metropolitana, con el fin de determinar la exposición de los trabajadores durante la jornada laboral.

Este estudio tiene como alcance, en primera instancia, determinar los niveles de vibraciones de cuerpo entero y mano brazo a los que se encuentran expuestos los trabajadores del sector construcción y/o reparación de carreteras y puentes en la Gran Área Metropolitana. Además de identificar posibles determinantes de exposición a vibraciones y establecer recomendaciones generales para disminuir los niveles de exposición a vibraciones.

La muestra del estudio se obtuvo de los ocho asociados de la categoría Carreteras y Puentes de la Cámara Costarricense de la Construcción, de los cuales sólo aceptaron participar tres; a éstos se les aplicó una encuesta higiénica, a partir de la que se determinó la estrategia de muestreo; y se realizaron mediciones con los equipos HAV-Pro y Vibrómetro (ambos marca Quest); para luego proceder al análisis de la información.

Dentro de los principales resultados obtenidos para la evaluación de posibles efectos a la salud producidos por las vibraciones en cuerpo entero como resultado del uso de la retroexcavadora y la compactadora 1 (antigua), sobrepasaron los niveles recomendados por la norma de  $0.99 \text{ m/s}^2$  para la aceleración, ambas en el eje Z que es el que recorre las vértebras de la columna. En lo que respecta a evaluación de confort para todos los ejes, los valores se encuentran ¿por debajo de los niveles establecidos como no inconfortables?. En relación con la exposición a vibraciones mano-brazo, en ninguno de los casos se sobrepasa el valor límite recomendado para los diferentes ejes.

Además, dentro de los posibles determinantes de exposición identificados se encontraban la antigüedad de la maquinaria y el nivel de vibración emitido.

Como principales conclusiones se puede mencionar que los niveles de vibración más altos a nivel de cuerpo entero encontrados provienen de la compactadora más antigua y de la retroexcavadora, esto para evaluación de posibles efectos a la salud; contrario a lo que se registró en la evaluación de confort, pues los datos reflejaron niveles de no inconfort. A nivel de mano brazo los valores encontrados no superaron los límites recomendados.

## **7. Palabras claves**

Vibraciones cuerpo entero y mano brazo, vibraciones, construcción, carreteras.

## 8. Introducción

En Costa Rica el sector construcción ha venido en crecimiento, con ello el número de pólizas registradas en el Instituto Nacional de Seguros, pues para el 2006 había 15389 y para el 2007, 19508 pólizas (INS, 2007). Esto podría indicar que cada año va en aumento el número de trabajadores que se suma a esta actividad y que se ven expuestos a diferentes tipos de riesgos higiénicos dentro de los cuales se encuentran vibraciones en mano-brazo y cuerpo completo.

Para el año 2007 el sector se vio influenciado por siniestros directos que tuvieron un costo de 6,3 millones de dólares (2620,8 millones de colones según el INS), además el número de días promedio por incapacidad en actividades específicas en este sector como construcción de puentes fue de 17 y construcción de carreteras y acueductos fue de 29,4 (INS, 2007). Dentro de estas estadísticas no se conoce cuál fue el porcentaje que significó las afecciones por exposición a vibraciones, pues el INS no hace diferenciaciones en este aspecto. Sin embargo, en un estudio realizado en Inglaterra se determinó que la duración media por incapacidad por el síndrome de dedo blanco, que es uno de los efectos producidos por vibraciones, es de 25 días y el costo directo por el pago únicamente de la incapacidad asciende a \$1504 por persona, sin incluir gastos por atención médica ni por indemnización (HSE, 2002).

La Ley de Riesgos del Trabajo tampoco hace referencia a los padecimientos específicos por exposición a vibraciones. Sin embargo, en el artículo 224 inciso 265 a, referente a la columna lumbar baja, establece que los “Episodios agudos periódicos con dolor intenso, pruebas de dolor ciático positivas, recuperación temporal entre cinco y ocho semanas” ocasionan una pérdida o disminución de un 2 al 5% de la capacidad general de la persona, disminuyendo así la productividad.

La construcción en general y específicamente de carreteras y puentes encierra una serie de esfuerzos físicos, exponiendo a los trabajadores a radiaciones solares, lluvia, frío, dolores lumbares, uso de maquinaria o herramienta pesada como perforadoras manuales y mecánicas, pulidoras, sierras mecánicas, compactadoras, excavadoras, etc, que conllevan a exposición a vibraciones, las cuales provocan afecciones a la salud, tales como pérdida de la fuerza en manos, hormigueo y entumecimiento así como pérdida de sensibilidad y blanqueamiento de los dedos, perturbando la vida familiar y social pues se limita el número de tareas que se puedan realizar. La aparición de estos síntomas puede ser para algunas personas en pocos meses, pero para otras puede tomar años dependiendo de las características de cada uno y del tiempo de exposición (Scarlett et al, 2005).

Los intervalos de frecuencia a los cuales se producen los efectos arriba mencionados están entre bajas y medianas frecuencias de 1 a 1000 Hz (Manual de Higiene Industrial, 1991).

La exposición de los trabajadores a vibraciones es un tema que ha sido abordado en otras partes del mundo y desde hace ya bastante tiempo. Uno de los primeros estudios con respecto a este tema se realizó en 1931 por Reiher & Meister, donde se dan a conocer los efectos perjudiciales a la salud por las vibraciones.

Además en investigaciones realizadas en laboratorios de experimentación han logrado valorar subjetivamente la sensibilidad de las vibraciones a diferentes frecuencias (5 Hz y 60Hz) en posición de pie y acostado utilizando una serie de magnitudes de aceleración ( $50\text{mm/s}^2$  a  $10\text{m/s}^2$ ), los resultados obtenidos refieren a que las sensaciones percibidas residen en el material blando del cerebro, ojos, músculos y articulaciones (Griffin, 2004).

Otros estudios ya más dirigidos al uso de herramientas y maquinaria similares a las utilizadas durante la construcción y reparación de carreteras y puentes, hablan de la relación entre la exposición a vibraciones en posición sentado y las molestias del cuello e indican que son conclusiones no confirmadas, sin embargo, los conductores frecuentemente reportan problemas en esta región y en la espalda (Rehn, 2004).

Un estudio realizado por Dupis (1994) demostró que en la transmisión entre el asiento y la espina lumbar hay una pequeña atenuación cuando la magnitud de la vibración es baja y aumenta cuando la magnitud aumenta, hasta que la vibración del asiento es de  $5\text{ms}^{-2}$ , aproximadamente el doble de la amplitud en la columna lumbar.

En Estados Unidos otro estudio desarrollado por Bovenzi en 1994 para la NIOSH mostró que la prevalencia (nuevos casos) es de un 30,2% en trabajadores expuestos a herramientas que producen vibraciones en las manos y un 4,3% en trabajadores no expuestos. Otro estudio realizado en Inglaterra donde utilizaron excavadoras y herramientas neumáticas, concluyó que los niveles de las vibraciones estaban por debajo de lo permitido, sin embargo estos resultados pueden variar dependiendo del tiempo de exposición, terreno, asientos del vehículo y técnica de trabajo.

### ***Definición del problema***

En Costa Rica no hay investigación publicada o registro de padecimientos asociados específicamente a vibraciones, sin embargo, el evidente crecimiento que tiene el sector de la construcción, implica un incremento en el uso de herramientas y maquinaria como las mencionadas anteriormente y por consiguiente, un aumento en el número de trabajadores expuestos a este agente físico. Por lo que es importante conocer los niveles de exposición y factores que intervienen en el desarrollo de tareas relacionadas con vibraciones.

### ***Objetivo general***

- Determinar los niveles de vibraciones mano-brazo y cuerpo en el uso de herramientas y maquinaria pesada en construcción y/o reparación de carreteras y puentes en el Gran Área Metropolitana, con el fin de determinar la exposición de los trabajadores durante la jornada laboral.

### ***Objetivos específicos***

- Cuantificar los niveles de exposición a vibraciones en tareas críticas que utilizan herramientas y maquinaria pesada en la construcción y/o reparación de carreteras y puentes en la GAM.
- Identificar los posibles determinantes de exposición a vibraciones en trabajadores de la población en estudio.
- Establecer recomendaciones generales para disminuir los niveles de exposición a vibraciones en la población en estudio.

## **9. Metodología**

### ***Tipo de estudio***

El presente proyecto es exploratorio ya que es un tema poco estudiado en el país, además es descriptivo puesto que busca conocer las características del sector.

### ***Fuentes de información***

#### Fuentes primarias

Recopilación directa de información de la muestra seleccionada por medio de:

- Encuesta higiénica
- Cuestionario de síntomas

#### Fuentes Secundarias

Documentos oficiales, reglamentos, normas, artículos de publicaciones periódicas, entre los cuales se encuentran artículos de la Health and Safety Executive (Inglaterra) y del Centro de prevención y control de enfermedades de la NIOSH.

Consultas a sitios web donde se encontraban resúmenes de artículos y listados de fuentes primarias como revistas.

#### Fuentes terciarias

Se consultaron sitios web donde se comprendía información sobre otras fuentes bibliográficas como: base de datos de la OSHA, NIOSH y HSE.

### ***Selección de la muestra***

Tomando en cuenta los asociados de la Cámara Costarricense de la Construcción en la categoría carreteras y puentes, se contactó a la totalidad de las empresas (8), sin embargo solamente 3 aceptaron participar en el proyecto. Éstas estaban realizando labores en Cartago, San José y Heredia.

### ***Herramientas de diagnóstico***

#### Encuesta Higiénica

Se utilizó con el fin de recopilar información tal como zona de trabajo, tipo de suelo con que se trabaja, herramienta y maquinaria pesada utilizadas, jornadas, número de trabajadores, entre otros.

Luego de obtener esta información, se procedió a realizar observación de campo y se estableció la estrategia de muestreo.

#### Estrategia de muestreo

Con la información recopilada de la encuesta higiénica se seleccionaron las herramientas y maquinaria a muestrear, que fueron retroexcavadora (Back Hoe) y compactadora para exposición a cuerpo entero; cortadora, volante, compactadora y llanta de hule para mano-brazo.

La colocación del equipo para cuerpo entero se realizó en el asiento y en el respaldar del mismo, durante 20 minutos en promedio en cada una de las posiciones descritas, tanto en la retroexcavadora como en la compactadora. Se siguió el procedimiento establecido en la norma ISO 2631:1997

Para la evaluación de mano brazo se colocó el acelerómetro en las agarraderas de la cortadora y volante, la duración de la medición fue en promedio 20 minutos, según lo dispone la norma ISO 5349:2001.

#### Bitácora de muestreo

Se registraron las tareas a realizar, tipo de suelo, tipo de maquinaria, modelo, nombre del operario y años de experiencia.

### Equipo utilizado

HAV-pro marca Quest Technologies, con el cual se determinaron los niveles de vibraciones en cuerpo entero y mano-brazo; éste registra las aceleraciones ( $m/s^2$ ) máximas, mínimas y ponderadas cada segundo durante sesenta segundos en los ejes X,Y y Z , además del VDV (value dose vibration).

Vibrómetro marca Quest Technologies, el cual mide las vibraciones en metros por segundo al cuadrado a nivel de la maquinaria.

### Encuesta de molestias

Se recopiló información acerca de las molestias que presentaron los trabajadores en todo el cuerpo antes y después de la jornada. En esta encuesta el operario indica la parte del cuerpo donde tiene la molestia y la frecuencia, ya sea, a veces o muy a menudo. En total se encuestó a 7 personas, de las cuales 3 eran operadores de retroexcavadora y 4 de compactadora.

### **Herramientas de análisis**

*Objetivo 1.* Cuantificar los niveles de exposición a vibraciones en tareas críticas que utilizan herramientas y maquinaria pesada en la construcción y/o reparación de carreteras

*Promedio ponderado en el tiempo de la magnitud de la vibración (r.m.s):* conocer en promedio el nivel de vibraciones durante el tiempo de medición en cada una de las posiciones mencionadas anteriormente.

*Cálculo del VDV:* indica si hay riesgo de vibraciones que incluyan shocks o golpes. Es un valor acumulativo que se incrementa con el tiempo de medición. Este cálculo se hace por eje y el más alto es el que se toma para comparación.

Para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}}$$

donde:  $a_w(t)$ : aceleración instantánea por frecuencia.

$T$ : duración de la medición.

Estos valores se compararán con los valores recomendados de exposición a nivel de salud según la ISO 2631:1997, que para este caso sería una aceleración de  $0.99 \text{ m/s}^2$  (rms) para un tiempo de exposición de 2 horas.

Para confort se establecen los siguientes parámetros:

- Menor de  $0.315 \text{ m/s}^2$  no inconfortable
- $0.315 \text{ m/s}^2$  -  $0.63 \text{ m/s}^2$  un poco inconfortable
- $0.5 \text{ m/s}^2$  -  $1 \text{ m/s}^2$  bastante inconfortable
- $0.8 \text{ m/s}^2$  -  $1.6 \text{ m/s}^2$  inconfortable
- $1.25 \text{ m/s}^2$  -  $2.5 \text{ m/s}^2$  muy inconfortable
- Más de  $2.5$  extremadamente inconfortable

En el caso de la posición mano brazo se utilizó la norma ACGIH, donde se establece un valor de  $12 \text{ m/s}^2$  para tareas con una duración menor a 1 hora, esto aplicaría para la cortadora de asfalto y para la maquinaria un máximo de  $6 \text{ m/s}^2$  (2-4 horas de trabajo).

*Objetivo 2.* Identificar los posibles determinantes de exposición a vibraciones en trabajadores de la población en estudio.

Con la revisión bibliográfica se encontraron determinantes de exposición, tales como: tipo de suelo (cemento, asfalto), tiempo de exposición, maquinaria (antigüedad), posición de trabajo. Éstos fueron identificados en cada una de las visitas realizadas, con el fin de establecer los que pudieron afectar los niveles de vibración según la situación encontrada.

Se utilizó un vibrómetro para cuantificar los niveles de vibración ( $\text{m/s}^2$ ) en la maquinaria, para relacionarlos con los niveles obtenidos en el objetivo uno, mediante Anovas para conocer si había diferencias significativas entre éstos.

Con la información del cuestionario de síntomas se realizaron gráficos de barras para mostrar la aparición de los mismos, según la frecuencia y las partes del cuerpo.

Objetivo 3. Establecer recomendaciones generales para disminuir los niveles de exposición a vibraciones en la población en estudio.

Las mismas se desarrollarán con base en los resultados obtenidos de los niveles de exposición de mano-brazo y cuerpo, así como los niveles de vibraciones generados por la maquinaria.

## **10. Resultados y discusión**

Se aplicó la encuesta higiénica en tres diferentes empresas dedicadas a la reparación y construcción de puentes y carreteras, esto para conocer el tipo de maquinaria que se utiliza en la actividad, tal como compactadoras, cortadoras de asfalto, retroexcavadoras, finisher y llanta de hule principalmente. Su uso depende del tipo de trabajo que se tenga que hacer (carpeteo o bacheo).

Una vez recopilada esta información y con observaciones de campo se seleccionó la maquinaria a evaluar. Luego se procedió a coordinar las visitas de campo para realizar las mediciones correspondientes.

La jornada de trabajo puede variar entre 6-8 horas o más por día de lunes a sábado, esto depende de las condiciones del tiempo y de la cantidad de asfalto que se tenga. El 100% de la población participante es masculina, entre los 20 y 48 años de edad.

Se realizaron 11 visitas de campo en diferentes rutas del país: Heredia (San Isidro-San Pablo), Cartago (Paraíso), San José (Dota), éstas se visitaron más de una vez y se recolectaron más de 1000 datos. Las mediciones fueron tomadas durante los meses de abril, mayo y junio del 2008-2009.

### ***10.1. Niveles de exposición a vibraciones en tareas críticas donde utilizan herramientas y maquinaria pesada***

Durante todas las visitas realizadas las actividades correspondieron a bacheo (reparación de huecos o fallas en capa asfáltica) por lo que se evaluaron compactadoras, retroexcavadoras para cuerpo entero; para mano brazo cortadoras de asfalto, llanta de hule y compactadora. El material sobre el que se trabajó en todos los casos fue asfalto; la retroexcavadora removía la superficie de asfalto que había sido previamente cortada.

Según la información recopilada, los operadores de compactadoras y retroexcavadoras afirman que en promedio ellos laboran aproximadamente 2 horas efectivas en el uso de la maquinaria, ya que muchas veces tienen que esperar a que se realicen ciertas tareas para empezar la de ellos.

10.1.1. Evaluación de los niveles de vibración en cuerpo entero que puedan producir daños a la salud en posición sentado.

Se evaluaron tres tipos de compactadoras de igual capacidad de compactación (3 ton); sin embargo, la número 1 era del año 2005 (tres años de antigüedad) y las otras dos del 2007 (un año de antigüedad al momento del muestreo).



**Figura 1.** Compactadora evaluada en el proyecto.

Fotografía tomada el 16/04/09

A continuación se muestran los resultados obtenidos al evaluar los niveles de vibración que puedan producir daños a la salud en posición sentado.

**Cuadro 1.** Niveles de exposición (VDV,  $m/s^2$ , aceleración máxima) a vibraciones en cuerpo entero en posición sentado en los ejes x,y,z y sumatoria, evaluación salud.

Equipo	X			Y			Z			Sumatoria		
	VDV ( $m/s^2$ )	Aeq(prom) ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	VDV ( $m/s^2$ )	Aeq(prom) ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	VDV ( $m/s^2$ )	Aeq(prom) ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	VDV ( $m/s^2$ )	Aeq(prom) ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )
Retroexcavadora	0,5330	0,1364	0,4690	0,6356	0,1602	0,6390	2,6730	0,6382	2,4760	0,2363	0,7036	1,5087
Compactadora 1	0,3532	0,1222	0,199	0,5841	0,1394	0,439	3,8318	0,9797	2,0210	3,8438	1,0421	2,0210
Compactadora 2	0,0022	0,0005	0,002	0,0037	0,0005	0,0029	0,0052	0,0008	0,0042	0,0058	0,009	0,0053
Compactadora 3	0,0061	0,0007	0,0059	0,0014	0,0004	0,0036	0,0051	0,0013	0,0222	0,0107	0,0017	0,0222

Fuente: mediciones realizadas durante el 2008-2009

En todos los casos la aceleración más alta se dio en el eje Z donde se esperaría mayor afectación a la salud ya que recorre las vertebras de la columna, por lo que se presentan más molestias a nivel de la espalda baja, ésto por la posición de trabajo y el nivel de vibración. También se puede observar que la compactadora 1 reportó un mayor nivel de vibración ( $0.9797\text{m/s}^2$ ) en comparación con la 2 y 3, además es la única que se acerca al valor recomendado ( $0.99\text{m/s}^2$ ).

La diferencia entre los resultados de las compactadoras se pudo deber a que a mayor antigüedad la maquinaria puede estar más deteriorada, a pesar del mantenimiento brindado.

### 10.1.2. Evaluación del confort por los niveles de vibración producidos en posición sentado (espalda-asiento).

Los resultados de la evaluación del confort se presentan a continuación:

**Cuadro 2.** Niveles de exposición (VDV,  $\text{m/s}^2$ ) a vibraciones en cuerpo entero según posición del sensor en los ejes x,y,z y sumatoria, evaluación de confort.

Equipo	Posición	x			v			z			Sumatoria		
		VDV	Aeq(prom)	Amax	VDV	Aeq(prom)	Amax	VDV	Aeq(prom)	Amax	VDV	Aeq(prom)	Amax
Retro 1	Asiento sentado	0,0083	0,0080	0,0058	0,0014	0,0001	0,0013	0,0020	0,0003	0,0018	0,0085	0,0011	0,0059
Retro 2	Asiento sentado	0,0087	0,001	0,0054	0,002	0,0005	0,0016	0,0022	0,0005	0,0090	0,0089	0,0012	0,0065
Retro 2	Asiento sentado	0,0091	0,0011	0,0094	0,0020	0,0005	0,0039	0,0022	0,0005	0,0023	0,0112	0,0021	0,0104
Retro 1	Asiento espalda	0,0103	0,001	0,0061	0,0015	0,0003	0,0009	0,0024	0,0003	0,0049	0,0082	0,0008	0,0049
Retro 2	Asiento espalda	0,0114	0,0013	0,0066	0,002	0,0005	0,0013	0,0021	0,0005	0,0015	0,0091	0,0011	0,0053
Compactadora 1	Asiento sentado	0,0047	0,0006	0,0058	0,0015	0,0003	0,0014	0,0032	0,0012	0,0036	0,0061	0,0009	0,0059
Compactadora 2	Asiento sentado	0,0053	0,0007	0,0064	0,0014	0,0003	0,0025	0,0035	0,0006	0,0197	0,0069	0,0009	0,0199
Compactadora 1	Asiento sentado	0,0101	0,0012	0,0071	0,003	0,0006	0,0082	0,0045	0,0007	0,0118	0,0112	0,0015	0,016
Compactadora 2	Asiento espalda	0,01	0,001	0,0544	0,0012	0,0003	0,0016	0,0011	0,0002	0,0012	0,008	0,0434	0,0008
Compactadora 1	Asiento espalda	0,0173	0,002	0,0067	0,0033	0,0008	0,0014	0,0036	0,0009	0,0018	0,0139	0,0017	0,0054

Fuente: mediciones realizadas durante el 2008-2009

En todos los casos evaluados los valores obtenidos están por debajo de los niveles establecidos como no inconfortables, en todos los ejes. Los niveles más altos se ubican en el eje X (dirección pecho-espalda) para las retroexcavadoras, esto se puede deber a los movimientos del equipo durante la realización de las tareas. En el caso de las compactadoras, los valores reportados no eran los esperados ya que el eje predominante para éstas es el Z por el tipo de movimiento que produce el equipo.

### 10.1.3. Evaluación de exposición a vibraciones en mano brazo

El sensor de vibraciones mano brazo fue colocado en el volante de cada maquinaria muestreada; esta situación se tornó incomoda para los operarios de las compactadoras ya que limitaba algunas maniobras a realizar. En el caso de la cortadora el sensor no causó inconveniente por lo que se pudo utilizar todo el tiempo de corte (20 min).

**Cuadro 3.** Resultados de la evaluación a vibraciones en mano brazo para los ejes X, Y, Z y sumatoria en  $m/s^2$  para diferentes maquinarias.

Maquinaria	X		Y		Z		SUMA	
	Amax ( $m/s^2$ )	Aeq prom ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	Aeq prom ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	Aeq prom ( $m/s^2$ )	Amax ( $m/s^2$ )	Aeq prom ( $m/s^2$ )
Compactadora	1,7899	0,3252	2,2227	0,3748	1,5931	0,4209	2,4770	0,8132
Llanta de hule	1,2005	0,1246	2,4404	0,1811	1,1024	0,1118	2,7269	0,2460
Cortadora	0,2102	0,0705	0,2145	0,0826	0,6035	0,3482	0,6142	0,3739
Cortadora	0,0298	0,0132	0,0307	0,0136	0,0279	0,0090	0,0282	0,0132

Fuente: mediciones realizadas durante el 2008-2009

Como se puede observar en el cuadro anterior, en ninguno de los casos se sobrepasa el valor límite recomendado para los tres ejes. Esto se puede deber a que en la mayoría de los casos los volantes tienen un recubrimiento de hule que podría disminuir la transmisión de las ondas vibratorias.

En el caso de las cortadoras, éstas no cuentan con protección antivibratoria (ver figura 2); sin embargo, los valores encontrados están por debajo de lo recomendado, esto se puede deber a que el tiempo de exposición es muy corto y sólo se utiliza una vez al día.



**Figura 2.** Máquina cortadora de pavimento utilizada durante la toma de datos.

Fotografía tomada el 16/04/09

## **10.2. Posibles determinantes de exposición a vibraciones en trabajadores de la población en estudio y dolencias presentadas.**

### *10.2.1. Posibles determinantes de exposición a vibraciones*

Los determinantes encontrados fueron los siguientes: antigüedad (compactadora), tipo de maquinaria y vibraciones de la misma. Las demás variables mencionadas en la metodología fueron descartadas. En el caso del tipo de suelo, no se tomó en cuenta debido a que solamente se trabajó sobre asfalto; la posición de trabajo tampoco pues en todos los casos era igual, y el tiempo de exposición ya que para la compactadora en todos los casos fue igual (2hrs) y para la retroexcavadora (4hrs), por lo tanto el tiempo de exposición no varió en cada máquina.

Para saber si existía alguna diferencia significativa entre la antigüedad de las compactadoras (2005 y 2007), y tipo de maquinaria (compactadora-retroexcavadora); se realizaron análisis de varianzas (ANOVAS), partiendo de la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre las medias, además se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Para el análisis de varianza entre antigüedad, la hipótesis nula se rechazó, pues según la prueba de Tukey hay diferencia significativa entre las medias, es decir habrá diferencias entre las vibraciones si se utiliza maquinaria reciente o antigua. El valor de P fue de 0.000 y un R=94%.

En el análisis del tipo de maquinaria no se rechazó la hipótesis de que las medias son iguales, pues el valor de P fue de 0.96 y un R de 1.0%, al aplicar la prueba de Tukey se encontró que no existe una diferencia significativa entre ellas.

Con respecto a la prueba de medias realizada entre las vibraciones emitidas por la maquinaria y valores recibidos en cuerpo entero se rechazó la hipótesis nula, el valor de P fue de 0.00 y R= 72.4%, esto indica que habrá diferencia entre las vibraciones producidas por la maquinaria y las recibidas por el cuerpo, esto se puede deber a que el asiento del conductor por sistemas de amortiguación reduce los niveles de vibración transmitidos al cuerpo. Sin embargo por la cantidad de datos recopilados no se realizaron correlaciones para determinar las mismas.

### 10.2.2. Dolencias encontradas

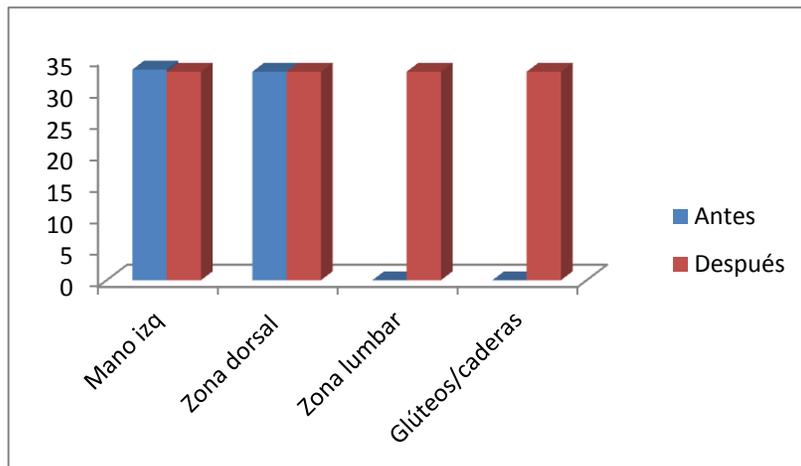
La posición de trabajo según se mencionó anteriormente fue idéntica para todos los casos (sentado), todos los asientos contaban con respaldar y sistema de amortiguamiento; sin embargo, se observó que la postura de trabajo no es la más recomendada para los operarios, pues en la mayoría de los casos hay desviaciones de la muñeca tanto a la izquierda como a la derecha al utilizar el volante, torsión del cuello y tronco para retroceder el vehículo. Estas posturas, junto con la exposición a vibraciones incrementan el riesgo de padecer lesiones tanto a nivel mano-brazo como espalda baja y columna.

#### a. Compactadora

En el siguiente gráfico se pueden observar las dolencias presentadas “a veces” al utilizar ésta maquinaria. Antes de su uso, el 33% indicó presentar dolor en la mano izquierda y zona dorsal, esto se puede deber a lesiones anteriores, pues según indicaron algunos han trabajado anteriormente levantado cargas.

Las molestias presentadas en glúteos/caderas y zona lumbar después del uso, coinciden con lo encontrado en la bibliografía consultada, pues son las zonas donde hay mayor contacto a vibraciones de cuerpo entero en posición sentado.

**Gráfico 1.** Porcentaje de dolencias presentadas “a veces” antes y después del uso de la compactadora, según las partes del cuerpo.



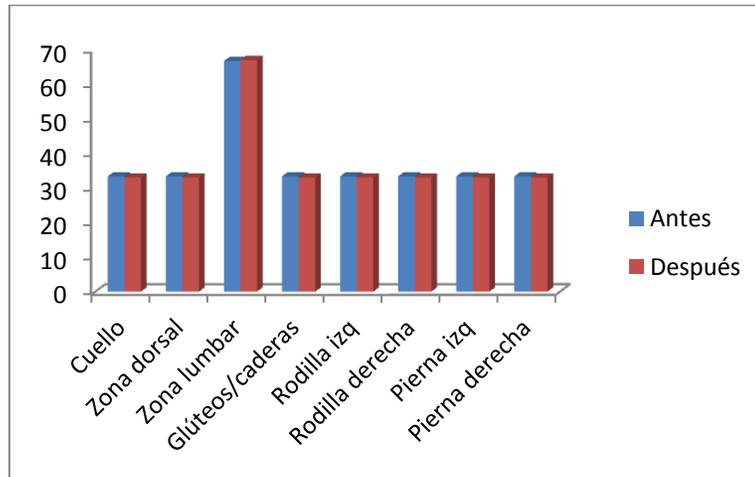
Fuente: Información de encuestas aplicadas entre años 2008-2009

Con respecto a las dolencias presentadas con una frecuencia de “muy a menudo”, se puede observar en el gráfico 2 que en todas las zonas las molestias se mantienen, sin embargo la

de mayor representación es la lumbar, esto es de esperar pues según información recopilada es una de las zonas más afectadas por las vibraciones.

La molestia en el pie, puede ser por el uso del pedal de aceleración el cual es el más utilizado.

**Gráfico 2.** Porcentaje de dolencias presentadas “muy a menudo” antes y después del uso de la compactadora, según las partes del cuerpo.



Fuente: Información de encuestas aplicadas entre años 2008-2009

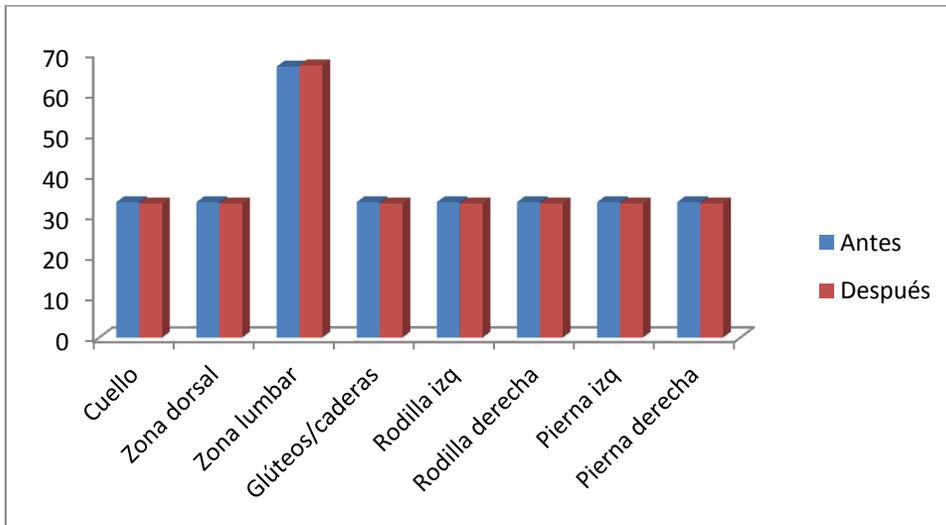
En el gráfico anterior se puede observar que no hay diferencias entre el porcentaje de dolencias presentadas antes y después de realizada la tarea.

Es importante mencionar que la persona con mayor tiempo de trabajar (3 años) con la compactadora presenta dolencias más a menudo que las que tienen menos tiempo.

#### *b. Retroexcavadora*

Según la información recopilada para la retroexcavadora, no se observaron cambios en las dolencias presentadas “a veces” ni antes ni después, es decir, éstas prevalecieron.

**Gráfico 3.** Porcentaje de dolencias presentadas “a veces” antes y después del uso de la retroexcavadora, según las partes del cuerpo.



Fuente: Información de encuestas aplicadas entre años 2008-2009

El 100% de los entrevistados dijeron no tener ninguna dolencia a menudo.

Los operarios de las cortadoras y llanta de hule expresaron no tener molestias de ningún tipo, esto a pesar de tener más de 3 años de experiencia.

No se puede establecer una relación entre los niveles de vibración y las dolencias, ya que éstas últimas en algunos casos pueden ser subjetivas, pues no hubo una revisión por parte de un médico. Sin embargo, se puede notar que las partes del cuerpo donde se presentan las molestias concuerdan con las presentadas en estudios realizados en otros países, además hay que recordar que estas dolencias son acumulativas, es decir se van agravando con el pasar de los años y no necesariamente de la exposición de un día.

## 11. Conclusiones

- Al ser un estudio exploratorio los resultados encontrados no son estadísticamente representativos.
- Los niveles de vibración en cuerpo entero más altos provienen de la compactadora 1 (más antigua) y de la retroexcavadora, esto para evaluación de posibles efectos a la salud.
- El eje dominante es el Z, pues es donde se producen los niveles de vibración más altos, por lo que los operadores podrían presentar molestias principalmente en la espalda baja y glúteos/cadera, concordando con la información recolectada de la encuesta de dolencias.
- A nivel de mano brazo los niveles encontrados no superaron los valores límites recomendados.
- Según la evaluación de confort, todos los equipos reflejaron niveles de vibraciones ubicados en la zona de no inconfort.
- Del análisis de varianza realizado con un 95% de confianza, se puede concluir que uno de los posibles determinantes es la antigüedad de la maquinaria.
- Se debe recopilar mayor cantidad de datos para establecer correlaciones entre el nivel emitido por la maquinaria y el recibido por el trabajador.
- Los operarios con mayor experiencia presentan “muy a menudo” molestias en zona lumbar y glúteos/cadera (67% de los casos), contrario a los menos experimentados que dicen tenerlas a veces, además éstos son más jóvenes, lo cual podría ser un factor a favor.
- Las posturas de trabajo también podrían influir en la aparición de molestias, pues aunque no se evaluó, se observaron torsiones de espalda, cuello y manos al momento de conducir en reversa.
- Las dolencias presentadas en operarios de retroexcavadora no presentaron cambios en el porcentaje de aparición, independientemente de su experiencia.

- No se puede establecer una relación entre las dolencias o molestias y los niveles de vibración, ya que no hay estudios médicos de por medio, y la evaluación realizada puede ser subjetiva.

## 12. Recomendaciones

- Por ser un estudio exploratorio se recomienda aumentar el número de muestras para que los resultados sean estadísticamente significativos y se pueda profundizar más el tema.
- Realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria, en especial a los componentes que produzcan vibraciones, esto con el fin de disminuir la trasmisión de la misma.
- Procurar que los niveles de vibración producidos por la maquinaria estén dentro del rango que el manual de la misma indique.
- Revisar el sistema de amortiguamiento de los asientos, de manera que se funcionen de la mejor manera.
- Al realizar compra de maquina tomar en cuenta aspectos que puedan ocasionar en un futuro riesgos a la salud por exposición a vibraciones, es decir que se tomen en cuenta las características y materiales de los elementos que transmitan este agente.
- Colocar materiales amortiguadores como hules u otros que disminuyan la transmisión a la mano, esto debido a que el actual material es de metal, el cual incrementa la exposición.
- Debido a que se observaron posturas no recomendadas durante el uso de la compactadora en reversa, se podría incluir en esta maquinarias espejos para facilitar la visibilidad hacia atrás, de esta forma se podría reducir la postura que a la vez es un factor de riesgo.
- En la medida de lo posible realizar evaluaciones de exposición a vibraciones, sobre todo en la maquinaria más antigua.
- Realizar evaluaciones médicas en las zonas donde se presentan mayores afecciones por las vibraciones, esto con el fin de determinar la posible influencia de este agente sobre su evolución.

- Capacitar al operario sobre las posturas de trabajo adecuadas, con el fin de disminuir la influencia de éstas en las molestias presentadas.
- Considerar realizar evaluaciones de exposición a ruido.

### **13. Agradecimientos**

A Dios y a nuestras familias por el apoyo y comprensión brindada.

#### *Reconocimientos*

Un reconocimiento especial a las empresas que apoyaron y abrieron sus puertas para llevar a cabo esta investigación.

A los estudiantes Krissia Ureña y Francisco Paniagua por su colaboración, así como a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del proyecto.

## 14. Bibliografía

1. A J Scarlett, J S Price, D A Semple, 2005. Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels. Health and Safety Executive (HSE). Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/RESEARCH/rrpdf/rr321.pdf>
2. Bovenzi M, Betta A .1994. Low-back disorders in agricultural tractor drivers expone to whole-body vibration and postural stress.
3. Estadísticas RT 2007. En línea: <http://portal.ins-cr.com/Empresas/SegurosCo/RiesgosTrabajo/estr.htm>
4. Fundación MAPFRE, 1991. Manual de Higiene Industrial. Editorial MAPFRE, Madrid, España.
5. Griffin M.J. 2004. Handbook of Human Vibration. En línea: [http://books.google.co.cr/books?id=tBaCHObL-XQC&pg=PA244&lpg=PA244&dq=Reiher+%26+Meister+1931&source=bl&ots=G-6NLWr5EI&sig=-kB7y6qM9noMtV-G5mu1QKSIFJY&hl=es&ei=j4d1TOXdl4z4swPXkZChDQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBsQ6AEwAQ#v=onepage&q=Reiher%20%26%20Meister%201931&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=tBaCHObL-XQC&pg=PA244&lpg=PA244&dq=Reiher+%26+Meister+1931&source=bl&ots=G-6NLWr5EI&sig=-kB7y6qM9noMtV-G5mu1QKSIFJY&hl=es&ei=j4d1TOXdl4z4swPXkZChDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBsQ6AEwAQ#v=onepage&q=Reiher%20%26%20Meister%201931&f=false). Consultado: noviembre, 2009.
6. Health and Safety Executive Statistics, 2002. Disponible en <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh0203.pdf>, Consultado marzo 2008.
7. Ley sobre riesgos del trabajo. En línea: [http://portal.oit.or.cr/index.php?option=com\\_staticxt&staticfile=sst/legis/costarica/cos\\_ley\\_riesgos\\_trabajo.pdf](http://portal.oit.or.cr/index.php?option=com_staticxt&staticfile=sst/legis/costarica/cos_ley_riesgos_trabajo.pdf)
8. Rehen B; Nilsson T; et al. 2004. Whole-Body **Vibration** Exposure and Non-neutral Neck Postures During Occupational Use of All-terrain Vehicles. Disponible en: <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/content/full/49/3/267>. Consultado: noviembre 2009.

9. Dupuis H (1994 ) Medical and occupational preconditions for vibration-induced spinal disorders: occupational disease no. 2110 in Germany Int Arch Occup Environ Health 66 303-308.